

ICS 19.100
S 05

TB

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 2047.1—2011

代替 TB/T 2047—2005

铁路用无损检测材料技术条件 第1部分：磁粉检测用材料

Technical specification for materials used for non-destructive testing in railway
Part 1: Materials for magnetic particle testing

2011-05-20 发布

2011-11-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

前 言

TB/T 2047《铁路用无损检测材料技术条件》分为以下三个部分：

- 第1部分：磁粉检测用材料；
- 第2部分：渗透检测用材料；
- 第3部分：超声波检测用探头。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分为 TB/T 2047 的第1部分。本部分代替 TB/T 2047—2005《铁路磁粉探伤用磁粉技术条件》。

本部分与 TB/T 2047—2005 相比，主要技术变化如下：

- 调整了荧光湿法用磁粉的干粉亮度及湿粉亮度指标（见 4.1.3.6, 4.1.3.7, 2005 年版的 3.3.6, 3.3.7）；
- 磁性指标改为污染物指标（见 4.1.1.2, 4.1.2.2, 4.1.3.3, 2005 年版的 3.1.2, 3.2.2, 3.3.3）；
- 磁粉活动性指标改为流动性指标（见 4.1.1.3, 2005 年版的 3.1.3）；
- 增加了油性载液、水载液技术要求及检验方法（见 4.2.1, 4.2.2, 5.2.1, 5.2.2）；
- 增加了磁粉颜色指标（见 4.1.1.4, 4.1.2.4）；
- 增加了术语（见第3章）；
- 增加了罐装磁悬液技术要求及检验方法（见 4.3, 5.3）；
- 增加了反差增强剂技术要求及检验方法（见 4.4, 5.4）；
- 增加了储存稳定性要求（见 7.3）；
- 增加了自然裂纹试块技术要求的内容（见附录 B）；
- 增加了润湿性试块技术要求的内容（见附录 C）。

本部分由南车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司提出并归口。

本部分主要起草单位：南车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司、宜兴市周铁无损探伤材料有限公司。

本部分主要起草人：万升云、陈汉良、蒋田芳、章文显、刘仕远。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- TB/T 2047—1989、TB/T 2047—1996、TB/T 2047—2002、TB/T 2047—2005；
- TB/T 2600—1996。

铁路用无损检测材料技术条件

第1部分:磁粉检测用材料

1 范 围

TB/T 2047 的本部分规定了磁粉检测用非荧光干法、非荧光湿法用磁粉、荧光磁粉、油性载液、水载液、罐装磁悬液和反差增强剂等磁粉检测材料的技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和储存。

本部分适用于铁路用磁粉检测材料的出厂性能检验及用户复验时的质量验收。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 258 汽油、煤油、柴油酸度测定法

GB/T 261 闪点的测定 宾斯基—马丁闭口杯法

GB/T 265 石油产品运动黏度测定法和动力黏度计算法

JB/T 6066 无损检测 磁粉检测用环形试块

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

磁 粉 magnetic particle

磁粉检测中,使用的具有一定尺寸和形状的铁磁性粉末。

3.2

荧光磁粉 fluorescent magnetic particles

在紫外线照射下,能发出荧光的磁粉。

3.3

载 液 carrier fluid

在磁粉检测中,用于悬浮磁粉的一种液体。

注:在水中添加分散剂、消泡剂和防锈剂形成的液体,称为水载液。

3.4

磁 悬 液 suspension

磁粉悬浮在载液中形成的一种液体。

4 技术要求

4.1 磁 粉

4.1.1 非荧光干法用磁粉

4.1.1.1 粒 度

磁粉的颗粒尺寸范围为 0.175 mm ~ 0.061 mm(对应的目数:80 目 ~ 250 目),粒度分布状态为自然粉碎状态,颗粒尺寸大于 0.175 mm(小于 80 目)的磁粉质量不应大于 1%,颗粒尺寸小于 0.061 mm(大于 250 目)的磁粉质量不应大于 8%。

4.1.1.2 污 染 物

磁粉中非磁性物质的质量不应大于2%。

4.1.1.3 流 动 性

按5.1.1.3规定的检测条件,按质量计算,应有20%~50%的磁粉活动到75 mm以外。

4.1.1.4 颜 色

磁粉颜色可以是黑色、红色或其他规定的颜色。

4.1.1.5 灵 敏 度

采用5.1.1.5规定的检测条件下,应至少能清晰显示附录A中E型标准试块上2个孔。

4.1.2 非荧光湿法用磁粉

4.1.2.1 粒 度

按质量计算,颗粒尺寸大于0.045 mm(小于320目)的磁粉质量不应超过2%。

4.1.2.2 污 染 物

经磁吸附操作后,磁粉应能被吸附和去除。在白光照度不小于1 000 lx的白色衬底板上检查容器底部不应有明显的外来物质、结块或残留物。

4.1.2.3 悬 浮 性

采用5.1.2.3所述的酒精沉淀法检验时,磁粉柱的高度不应小于200 mm,且应有明显的分界线。

4.1.2.4 颜 色

磁粉的颜色要求应符合4.1.1.4的规定。

4.1.2.5 灵 敏 度

在5.1.2.5规定的检测条件下,应至少能清晰显示附录A中E型标准试块上2个孔,并符合附录B中B.5的要求。

4.1.3 荧光湿法用磁粉

4.1.3.1 颜 色

磁粉在紫外线辐照下,应能激发出目视可见的黄绿色或其他颜色的荧光。

4.1.3.2 粒 度

磁粉的粒度要求应符合4.1.2.1的规定。

4.1.3.3 污 染 物

磁粉的污染物要求应符合4.1.2.2的规定。

4.1.3.4 悬 浮 性

磁粉的悬浮性要求应符合4.1.2.3的规定。

4.1.3.5 灵 敏 度

磁粉的灵敏度要求应符合4.1.2.5的规定。

4.1.3.6 干粉亮度

荧光磁粉的干粉亮度不应小于荧光标准板亮度的170%。

4.1.3.7 湿粉亮度

荧光磁粉的湿粉亮度不应小于干粉亮度的60%。

4.1.3.8 耐 久 性

磁粉在浸泡120 h后,应仍能符合4.1.3.5和4.1.3.7的规定。

4.2 载 液

4.2.1 油性载液

4.2.1.1 运动黏度

在38℃时,运行黏度不应大于3.0 mm²/s(3厘斯);在5℃时,不应大于5.0 mm²/s(5厘斯)。

4.2.1.2 闪 点

闭口杯法测定时,闪点不应低于 94 ℃。

4.2.1.3 光学性能

4.2.1.3.1 固有荧光特性

以被测载液的荧光特性与载液标准试块之比表示,其比值不应大于 5。

4.2.1.3.2 荧光衰减特性

将同一品种荧光磁粉分别悬浮于被测载液和水中,以两者的荧光亮度之比表示,其比值应小于 1.5。

4.2.1.4 总酸值

不应大于 0.15 mgKOH/L。

4.2.1.5 颜色

采用 5.2.1.5 所述方法观测,应是水白色。

4.2.2 水载液

4.2.2.1 润湿性

水载液溢流通过附录 C 所示试块后,水载液应能迅速地润湿试块表面,试块表面水载液的薄膜应是连续不断的,并在整个试块表面连成一片。

4.2.2.2 pH 值

pH 值应在 7~9 范围内。

4.2.2.3 分散性

无论是非荧光磁粉,还是荧光磁粉,应能均匀地分散在水载液中,在有效使用期内磁粉应无结块现象。

4.2.2.4 防锈性

采用 5.2.2.3 所述方法检验后,观察试棒表面,应无明显的锈蚀产生。

4.2.2.5 消泡性

采用 5.2.2.4 所述方法检验后进行观察,水载液中的泡沫应在 5 min 内自动消除。

4.3 罐装磁悬液

4.3.1 材料

4.3.1.1 磁悬液由荧光磁粉或非荧光磁粉与油性或水载液按一定比例混合组成。

4.3.1.2 非荧光磁粉应符合 4.1.2 的要求;荧光磁粉应符合 4.1.3 的要求。

4.3.1.3 油性载液应符合 4.2.1 的要求;水载液应符合 4.2.2 的要求。

4.3.1.4 罐内压缩气体应对工件、人体无毒副作用。

4.3.2 污染物

磁悬液的污染物要求应符合 4.1.2.2 的规定。

4.3.3 浓度

荧光罐装磁悬液的浓度范围为:(0.10 mL~0.60 mL)/100 mL;非荧光罐装磁悬液的浓度范围为:(1.2 mL~2.4 mL)/100 mL。

4.3.4 灵敏度试验

在 5.3.3 规定的检验条件下,产品应能够至少清晰显示附录 A 中规定的 E 型试块上 2 个孔,并符合附录 B 中 B.5 的要求。

4.3.5 喷罐

4.3.5.1 喷罐性能

所有的压力喷罐都应装有喷嘴。喷嘴应提供良好、方向稳定的喷雾,保证磁悬液能够均匀的喷在一个平面或垂直面。喷罐内应无块状物体和堵塞喷嘴现象。按照喷罐使用要求清理喷嘴后应无泄漏。

4.3.5.2 喷罐容量

喷罐容量为 500 mL,磁悬液容量应在 230 mL~250 mL 范围内,在气体排出前,喷罐中的磁悬液排

出量不低于磁悬液容量标称值的 95%。

4.3.5.3 加热温度

喷罐加热温度不应超过 54 ℃。

4.4 反差增强剂

4.4.1 颜色

颜色应为白色。

4.4.2 反差对比性

采用 5.4.2 所述方法进行检验时,喷射状态应成均匀雾状,喷射过程中,不应有堵塞、结块和气泡出现。反差增强剂喷射到试块表面干燥后,应形成与原本底有明显对比的背景。

4.4.3 再浮性

采用 5.4.3 所述方法进行检验,应能符合 4.4.2 的要求。

4.4.4 可去除性

采用 5.4.4 所述方法进行检验,试块表面不应有残留反差剂。

4.4.5 干燥性

采用 5.4.5 所述方法进行检验,干燥时间不应大于 60 s。

4.4.6 pH 值

pH 值应在 7~9 范围内。

4.4.7 安全性

采用喷罐时,罐内压缩气体应对工件、人体无毒副作用。

5 试验方法

5.1 磁粉

5.1.1 非荧光干法用磁粉

5.1.1.1 粒度

5.1.1.1.1 采用振摆运筛法,振筛机的基本参数见附录 A 中 A.1。

5.1.1.1.2 操作要点如下:

- a) 称取 500 g ± 0.5 g 干燥的磁粉;
- b) 振动过筛 8 min;
- c) 过筛终止后,将 0.175 mm(80 目)筛内和 0.061 mm(250 目)筛外的磁粉各自称量,计算质量百分比;
- d) 重复步骤 a)~c),每次需更换新磁粉,取 3 次平均值。

5.1.1.2 污染物

5.1.1.2.1 采用磁吸附仪进行试验。

5.1.1.2.2 试验步骤如下:

- a) 称取 20 g 干燥的磁粉,均匀地洒在面积不小于 200 mm × 300 mm 的干净白纸上;
- b) 打开磁吸附仪电源,将磁吸附仪电磁棒垂直放在磁粉的上方,使上层的磁粉能平缓的被吸附到电磁棒上,小心地将吸附有磁粉的电磁棒移开,然后切断电源,让吸附的磁粉落在另一边;
- c) 重复步骤 b),直到所有能被吸附的磁粉被吸完,称量白纸上剩余的非磁性粉末,计算质量百分比;
- d) 重复步骤 a)~c),每次需更换新磁粉,取 3 次平均值。

5.1.1.3 流动性

5.1.1.3.1 采用附录 A 中 A.2 中所示的磁粉流动性测量仪进行试验。

5.1.1.3.2 试验步骤如下:

- a) 称取 10 g 干燥的磁粉,电磁轭通电,磁粉倒入漏斗中,磁粉自由落在水平位置的干燥试块上;
- b) 以磁粉落在试块上为起点计时,电磁轭通电 $1 \text{ min} \pm 3 \text{ s}$ 后断电;
- c) 以试块上黑线为界,将黑线以外(磁轭一边)的磁粉称量,计算质量百分比;
- d) 重复步骤 a) ~ c),每次需更换新磁粉,取 3 次平均值。

5.1.1.4 颜 色

将干磁粉洒在长宽不小于 $210 \text{ mm} \times 297 \text{ mm}$ 的白纸上,至少覆盖直径 100 mm 的区域,在白光照度不小于 $1\,000 \text{ lx}$ 条件下观察颜色。

5.1.1.5 灵 敏 度

5.1.1.5.1 磁粉灵敏度采用附录 A 的 A.3 灵敏度测试仪进行试验。

5.1.1.5.2 试验程序如下:将附录 A 的 A.3 中 E 型标准试块最接近表面的人工孔转到 12 点钟位置,施加有效值为 750 A 的交流电,磁粉均匀地撒布在试块表面,观察试块表面人工孔的磁痕显示。

5.1.2 非荧光湿法用磁粉

5.1.2.1 粒 度

采用湿筛法。称取 20 g 干燥的磁粉,倒入一个直径为 100 mm ,孔径为 0.045 mm (320 目)的标准检验筛中。先用少量无水乙醇均匀湿润,然后在无水乙醇冲、刷下进行筛洗,再烘干筛内未通过的沉淀物,取出称量,计算质量百分比。

5.1.2.2 污 染 物

5.1.2.2.1 采用磁吸附仪进行试验。

5.1.2.2.2 试验步骤如下:

- a) 称取 $2 \text{ g} \pm 0.1 \text{ g}$ 干燥的磁粉,倒入 50 mL 烧杯中,用 20 mL 无水乙醇分散磁粉,再加入 20 mL 无水乙醇,待 10 min 后,进行磁吸附;
- b) 静置 10 min 后,将通有 15 A 直流电的电磁铁垂直伸入烧杯中吸附磁粉,小心地将吸附有磁粉的电磁铁取出,移至一个预先准备好的容器中,再切断电源;
- c) 重复步骤 b),直至烧杯中能被吸附的磁粉吸取完为止;
- d) 静置 30 min 后,在白光照度不低于 $1\,000 \text{ lx}$ 的白色衬底板上检查烧杯底部有无残留物。

5.1.2.3 悬 浮 性

5.1.2.3.1 采用刻度以毫米为分度、长 400 mm ,内径为 $10 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$,底部距顶端量程刻度为 300 mm 的悬浮管进行试验。

5.1.2.3.2 试验步骤如下:

- a) 称取 $3 \text{ g} \pm 0.1 \text{ g}$ 干燥的磁粉,倒入悬浮管内,注入少量无水乙醇至 150 mm 柱高,用力摇晃至均匀,再注入无水乙醇至 300 mm 柱高,反复倒置混合均匀;
- b) 混合均匀后,该试管应迅速直立,固定在滴定管装夹上,同时计时,静置 3 min ,读出明显分界处的磁粉柱高度;
- c) 重复步骤 a) 和 b),每次需更换新磁粉,取 3 次平均值。

5.1.2.4 颜 色

将干磁粉洒在长宽不小于 $210 \text{ mm} \times 297 \text{ mm}$ 的白纸上,至少覆盖直径 100 mm 的区域,在白光照度不小于 $1\,000 \text{ lx}$ 条件下观察颜色。

5.1.2.5 灵 敏 度

5.1.2.5.1 试验设备应符合附录 A 中 A.3 的规定,自然裂纹试块符合附录 B 的规定。

5.1.2.5.2 载液可采用市场销售的 100% 探伤(油)载液或按以下配方配制:70% 无味煤油 + 30% 变压器油(25 号)。

5.1.2.5.3 磁悬液浓度:非荧光湿法用磁粉 20 g/L 。

5.1.2.5.4 试验步骤如下:将附录 A 中 A.3 中 E 型标准试块最接近表面的人工孔转到 12 点钟位置,

施加有效值为 750 A 的交流电,将搅拌均匀的磁悬液均匀喷洒在试块表面上,观察试块表面人工孔的磁痕显示。然后,再将搅拌均匀的磁悬液均匀喷洒在自然裂纹试块无标识面上,观察其裂纹显示状况,并与自然裂纹试块初始评价结果图谱进行比较。

5.1.3 荧光湿法用磁粉

5.1.3.1 颜色

5.1.3.1.1 试验条件如下:

- a) 检验区域的白光照射度不应大于 20 lx;
- b) 紫外线辐照至荧光磁粉表面的辐照度不应小于 $1\ 000\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。

5.1.3.1.2 试验步骤要点如下:

- a) 在一根内径为 25 mm,高度为 180 mm 的玻璃试管内装入 1 g 磁粉和 50 mL 无水乙醇,混合均匀后,静置 2 min;
- b) 将上述玻璃试管内的磁悬液放在紫外线灯下观察磁粉的颜色。

5.1.3.2 粒度

5.1.3.2.1 试验用载液按以下配方配制:

- 分散剂:10 mL/L;
- 消泡剂:15 mL/L;
- 在 100 mL 水中,加入分散剂充分溶解,再加入消泡剂,搅拌均匀,最后加水至 1 L。

5.1.3.2.2 试验用水磁悬液按以下配方配制:

- 分散剂:10 mL/L;
- 消泡剂:15 mL/L;
- 防锈剂:10 mL/L;
- 荧光磁粉:5 g/L;
- 在 100 mL 水中,加入分散剂充分溶解,然后加入 5 g 磁粉,搅拌均匀,直至水面上无荧光磁粉漂浮为止,再加入防锈剂和消泡剂搅拌均匀,最后加水至 1 L。

5.1.3.2.3 试验用水磁悬液在用于测试前,应先将其放入 2 500 r/min ~ 3 000 r/min 的专用高速离心搅拌装置内,按搅拌 5 min、停 5 min 的周期,重复 3 次,搅拌均匀。

5.1.3.2.4 试验步骤如下:经高速搅拌均匀后的试验用水磁悬液,通过直径为 100 mm、孔径为 0.045 mm(320 目)的标准检验筛,再按 5.1.3.2.1 要求配制的试验用载液充分冲洗,烘干筛内未通过的沉淀物,取出称量,计算质量百分比。

5.1.3.3 污染物

试验用水磁悬液应符合 5.1.3.2.2 的规定,并按 5.1.3.2.3 的规定搅拌均匀后,取出 100 mL,放入内径为 50 mm、容量为 150 mL 的烧杯中,按 5.1.2.2 的 b) ~ d) 规定进行试验。

5.1.3.4 悬浮性

试验方法与 5.1.2.3 相同。

5.1.3.5 灵敏度

5.1.3.5.1 试验设备应符合附录 A 中 A.3 的规定,自然裂纹试块符合附录 B 的规定。

5.1.3.5.2 试验用水磁悬液应符合 5.1.3.2.2 的规定,并按 5.1.3.2.3 的规定搅拌均匀后至少放置 12 h。

5.1.3.5.3 操作要点应符合 5.1.2.5.4 的要求。

5.1.3.6 干粉亮度

5.1.3.6.1 荧光干磁粉亮度采用附录 A 中 A.4 所示荧光亮度测试仪进行试验。荧光标准板有效期为一年(以生产日期计算)。

5.1.3.6.2 试验步骤如下:

- a) 荧光亮度测试仪开机预热 15 min ~ 20min, 仪器“校正”旋钮关闭。调节“零位”旋钮调至显示读数为“零”。
- b) 将荧光标准板放入仪器暗区窗内, 关闭窗盖。再调整仪器“校正”旋钮至光度计显示“110”读数。此时, 称为标准读数, 用“X”表示。
- c) 将被测磁粉松散装入标准玻璃皿内, 用直尺刮平(不能压平), 擦去玻璃皿外部残余粉末。
- d) 取出仪器暗区窗内的标准板, 小心地将装满磁粉的玻璃皿放入仪器暗区窗内测试, 待仪器显示读数稳定后, 记下读数 X_1 , 计算荧光磁粉相对干粉亮度, 即:

$$\text{干粉亮度} = \frac{X_1}{X} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

- e) 重复步骤 b) ~ d), 每次需更换新磁粉, 取 3 次测量结果的平均值。

5.1.3.7 湿粉亮度

5.1.3.7.1 湿粉亮度采用附录 A 中 A.4 所示荧光亮度测试仪进行试验。荧光标准板有效期为一年(以生产日期计算)。

5.1.3.7.2 按 5.1.3.2.2 要求配制 1 L 水磁悬液, 并按 5.1.3.2.3 的规定搅拌均匀后, 静置至少 12 h。

5.1.3.7.3 试验步骤如下:

- a) 用磁吸附仪从上述水磁悬液中吸取浸泡后的磁粉, 放入标准玻璃皿内, 吸取的磁粉层控制在玻璃皿不透光为止, 约 1 mm ~ 2 mm。
- b) 让磁粉在玻璃皿内静置 30 s, 倒去表面水层, 擦去玻璃皿外部的的水迹。
- c) 将荧光标准板放入仪器暗区窗内, 关闭窗盖。再调整仪器“校正”旋钮至光度计显示“110”读数。此时, 称为标准读数, 用“X”表示; 小心地将玻璃皿放入仪器暗区窗内测量, 待显示读数稳定后, 记下磁粉亮度读数 X_2 , 计算荧光磁粉相对湿粉亮度, 即:

$$\text{湿粉亮度} = \frac{X_2}{X} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

- d) 按上述步骤操作 3 次, 每次需更换新磁粉, 取 3 次测量结果的平均值。

5.1.3.8 耐久性

将磁粉在浸泡 120 h 后, 按 5.1.3.5 和 5.1.3.7 的规定分别进行灵敏度和湿粉亮度检测。

5.2 载液

5.2.1 油性载液

5.2.1.1 运动黏度

按 GB/T 265 规定的方法测定。

5.2.1.2 闪点

按 GB/T 261 规定的方法测定。

5.2.1.3 光学性能

5.2.1.3.1 固有荧光特性

5.2.1.3.1.1 载液固有荧光特性采用附录 A 中 A.4 所示荧光亮度测试仪进行试验。

5.2.1.3.1.2 试验步骤如下:

- a) 荧光亮度测试仪开机预热 15 min ~ 20 min, 仪器“校正”旋钮关闭。调节“零位”旋钮调至显示读数为“零”。
- b) 将载液标准板放入仪器暗区窗内, 关闭窗盖。再调整仪器“校正”旋钮至光度计显示“1”读数。此时, 称为标准读数, 用 Z_0 表示。
- c) 将被测载液装入直径 65 mm, 高 10 mm 标准玻璃皿内, 合上遮光盖, 擦去玻璃皿外部残余液体。
- d) 取出仪器暗区窗内的标准试板, 将装满载液的玻璃皿放入仪器暗区窗内测试, 待仪器显示读数稳定后, 记下读数 Z_1 , 计算载液固有荧光特性, 即:

$$\text{固有荧光特性} = Z_1/Z_0 \quad \dots\dots\dots(3)$$

e) 重复步骤 b) ~ d), 每次需更换新载液, 取 3 次测量结果的平均值。

5.2.1.3.2 荧光衰减特性

5.2.1.3.2.1 载液对荧光的衰减特性采用附录 A 中 A.4 所示荧光亮度测试仪进行试验。

5.2.1.3.2.2 试验步骤如下:

a) 荧光亮度测试仪开机预热 15 min ~ 20 min, 仪器“校正”旋钮关闭。调节“零位”旋钮调至显示读数为“零”。

b) 在 100 mL 被测载液和水中分别加入 3 g 荧光磁粉, 人工搅拌 1 min, 将搅拌均匀的载液和水分别倒入直径 65 mm, 高 10 mm 的标准玻璃皿中, 合上遮光盖。

c) 将上述两个标准玻璃皿放入仪器暗区窗内。待仪器显示读数稳定后, 分别记下读数 Z_2 (荧光磁粉与载液混合液读数)、 Z_3 (荧光磁粉与水混合液的读数), 计算载液对荧光的衰减特性, 即:

$$\text{衰减特性} = Z_2/Z_3 \quad \dots\dots\dots(4)$$

e) 每次需更换新载液, 重复上述操作步骤, 取 3 次测量结果的平均值。

5.2.1.4 总酸值

按 GB/T 258 规定的方法测定。

5.2.1.5 颜色

将 50 mL 油性载液注入 100 mL 烧杯中, 在自然光下目视观察颜色。

5.2.2 水载液

5.2.2.1 润湿性

在 1 L 水中, 按使用说明书规定的比例添加分散剂、防锈剂和消泡剂形成水载液, 或专用水载液 1 L。让水载液溢流通过附录 C 所示试块, 观察水载液在试块表面的润湿状况, 如果水载液迅速润湿试块表面, 水载液的薄膜应是连续不断的, 并在整个试块表面连成一片, 说明水载液润湿性能良好。如果试块表面的水载液的薄膜断开、破碎, 试块有裸露表面, 即水断表面; 或在试块表面形成许多单个微滴, 则表明水载液润湿性能不好。

5.2.2.2 pH 值

采用 pH 试纸检测其 pH 值。

5.2.2.3 防锈性

用一根长 150 mm, 直径 15 mm, 表面粗糙度为 MRR $Ra3.2\mu\text{m}$ 的低碳钢棒, 至少 1/2 部分浸入待检水载液中浸泡至少 72 h, 取出后, 放置在室温环境中, 48 h 后观察试棒表面。

5.2.2.4 消泡性

取专用水载液 1 L, 或按产品说明书规定比例添加分散剂、防锈剂、消泡剂等配制水载液 1 L, 按 5.1.3.2.3 的规定搅拌均匀后观察。

5.3 罐装磁悬液

5.3.1 污染物

用力摇动内有小球的喷罐不少于 3 min, 然后把样品喷出 100 mL, 放入内径为 50 mm、容量为 150 mL 的烧杯中, 试验方法按 5.1.2.2 中的 b) ~ d) 的规定进行。

5.3.2 浓度

在浓度测定管中注入 100 mL 磁悬液, 静置至少 30 min, 然后读出沉淀管中磁粉的体积。

5.3.3 灵敏度试验

5.3.3.1 试验设备应符合附录 A 中 A.3 的规定, 自然裂纹试块符合附录 B 的规定。

5.3.3.2 将附录 A 中 A.3 中 E 型标准试块最接近表面的人工孔转到 12 点钟位置, 施加有效值为 750 A 的交流电, 将喷罐内的磁悬液摇动均匀, 并喷洒在试块表面上, 观察试块表面人工孔的磁痕显示。然后, 再将搅拌均匀磁悬液均匀喷洒在自然裂纹试块无标识面上, 观察其裂纹显示状况, 并与自然裂纹

试块初始评价结果图谱进行比较。

5.3.4 喷 罐

5.3.4.1 准 备

选择喷罐进行检测前,应将喷罐置于室温下不少于 12 h。检测时,将喷罐浸入 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水中,保持喷罐处于恒温状态。

5.3.4.2 喷罐性能

5.3.4.2.1 喷罐喷嘴的喷雾性能和效果通过下面的方法来评定:用力摇动内有小球的喷罐不少于 3 min,然后把样品喷在 $210\text{ mm} \times 297\text{ mm}$ 表面上,观察喷雾的覆盖范围和均匀程度。喷过几次之后,检查喷嘴有无被固体堵塞。

5.3.4.2.2 倒置喷罐,清除喷嘴,喷至只有气体喷出。将喷罐浸入 $50\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 52\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水中至少 15 min,此时,喷罐应无明显泄漏或者变形现象。再将其浸入 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水中,直至喷罐温度恒定,用力摇动喷罐,应出现均匀喷雾模式。但喷嘴的喷雾性能无改变,并且没有异物堵塞喷嘴。

5.3.4.3 喷罐容量

喷罐应浸入 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水中,以保持喷罐处于恒温状态。摇动喷罐不应低于 3 min,将排出的磁悬液放在玻璃容器当中,容器以毫升刻度标识,反复摇动喷罐并直至所有气体完全排除。

5.4 反差增强剂

5.4.1 颜 色

在自然光条件下,目视检测。

5.4.2 反差对比性

采用 B 级钢铸件($250\text{ mm} \times 150\text{ mm} \times 15\text{ mm}$,表面清洁度 Sa2 级)试块进行试验。将喷罐喷嘴距离试块 $300\text{ mm} \sim 400\text{ mm}$ 处进行喷涂。

5.4.3 再 浮 性

反差增强剂喷罐在静置状态下,将喷罐摇晃 20 s ~ 30 s,按 5.4.2 的方法进行试验。

5.4.4 可去除性

用水或溶剂去除试块表面反差增强剂后观察有无残留反差剂。

5.4.5 干 燥 性

反差增强剂喷涂在试块表面后,在 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时检测干燥时间。

5.4.6 pH 值

采用 pH 试纸检测其 pH 值。

6 检验规则

6.1 批的定义

一批是指用同一批的原材料,在相同的工艺条件下一次生产出来的产品。

6.2 出厂检验

6.2.1 每种材料出厂前,应按每批抽样进行出厂检验。

6.2.2 检验项目包括:非荧光干法用磁粉应符合 4.1.1 的规定;非荧光湿法用磁粉应符合 4.1.2 的规定;荧光湿法用磁粉应符合 4.1.3 的规定;油性载液应符合 5.2.1 的规定;水载液应符合 5.2.2 的规定;罐装磁悬液和反差增强剂应符合表 1 的规定。

6.2.3 检验应从每批材料中随机抽取 3 份样品进行,一个项目一次检验不合格,可从另一份样品中重新取样复检,只要一个项目复检不合格,则该批产品不合格,不应出厂。

6.3 用户复验

6.3.1 采购的每种材料,用户应按每批抽样进行复验。

6.3.2 复验项目应按表 1 规定执行。

表 1 磁粉检测材料的复验项目

序号	材料名称	复 验 项 目
1	非荧光干法磁粉	粒度、污染物、流动性、颜色、灵敏度
2	非荧光湿法磁粉	粒度、污染物、悬浮性、颜色、灵敏度
3	荧光磁粉	粒度、污染物、悬浮性、颜色、灵敏度
4	油性载液	闪点(闭口)、运动黏度、颜色、光学性能
5	水载液	润湿性、分散性、消泡性、pH 值
6	罐装磁悬液	浓度、灵敏度、喷罐容量
7	反差增强剂	颜色、反差对比性、可去除性、干燥性、pH 值

6.3.3 复验应从每种材料中随机抽取一份样品进行,一个项目一次检验不合格,可随机再抽一份样品重新取样复验,只要一个项目复检仍不合格,则该种产品不合格,用户应拒收该种材料。

6.4 检验报告

生产单位应向用户提供每种材料的每一批的出厂检验报告,报告内容除了反映该批产品各项技术指标符合本标准的规定之外,还应包括需方订货单号、产品名称、批号、产品类别、数量。

7 包装、标志、储存

7.1 磁粉的包装容器应采用非磁性材料制成并有较好的防潮能力;载液的盛装容器应采用非易碎材料制成。包装容器上应具有在运输中不易消失的标志,内容包括:

- a) 生产单位名称;
- b) 材料规格、名称、种类;
- c) 生产日期、有效期、数量、批号。

7.2 产品应附有质量合格证书,内容包括:

- a) 材料名称、种类;
- b) 规格;
- c) 质量指标、检验结果、检验结论;
- d) 检验人员印章。

7.3 磁粉应存放在符合正常运输和使用要求且不透光的密封容器中;油性载液、罐装磁悬液、反差增强剂等应远离高温、明火,并无阳光照射环境存放。

专用水载液或配制水载液的分散剂、消泡剂、防锈剂等材料有效期为 6 个月,其他材料的有效期为 12 个月,并应在每个原包装上标明。

在正常储存条件下及有效期内,磁粉不应有结块或变色现象,其技术性能不发生变化;油性载液、水载液、罐装磁悬液和反差增强剂等不应出现变质及性能降低现象。

附 录 A
(规范性附录)
磁粉检测装置

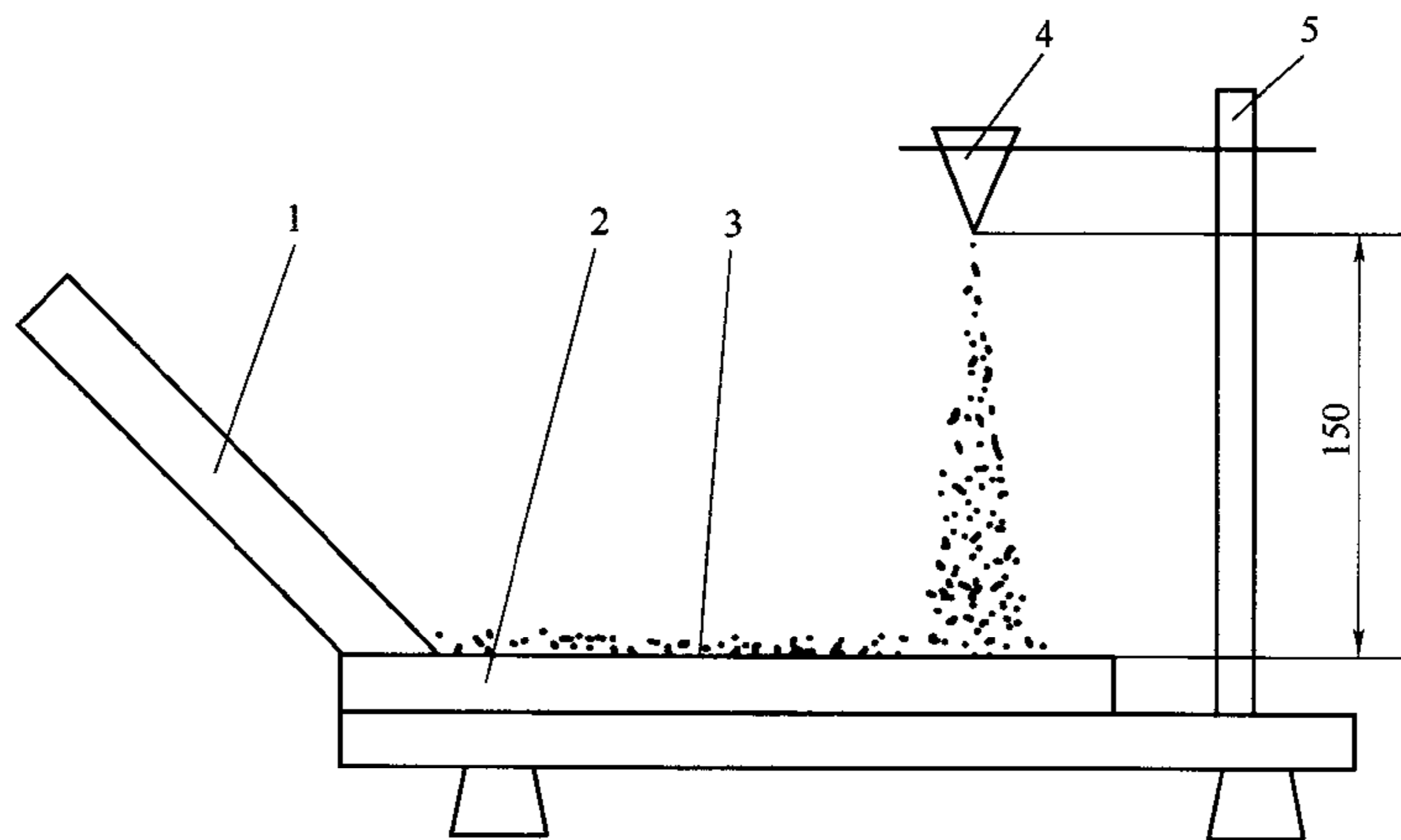
A.1 振筛机基本技术参数

- A.1.1 振击次数:150次/min~200次/min。
 A.1.2 摆动次数:200次/min~250次/min。
 A.1.3 功率:120 W。
 A.1.4 标准筛直径为200 mm。
 A.1.5 标准筛的孔径:0.175 mm(80目),0.061 mm(250目)。

A.2 非荧光干法磁粉流动性检测装置

- A.2.1 流动性检测装置示意图如图 A.1 所示。

单位为毫米



- 1——单相电磁轭;
 2——试块;
 3——磁粉;
 4——锥形漏斗;
 5——支架。

图 A.1 流动性检测装置示意图

- A.2.2 试块如图 A.2 所示。尺寸:220 mm×150 mm×25 mm;材质:40 号车轴钢;表面粗糙度:MRR $Ra1.6 \mu\text{m}$ 。

- A.2.3 锥形漏斗如图 A.3 所示,材质为紫铜,厚度为1 mm。

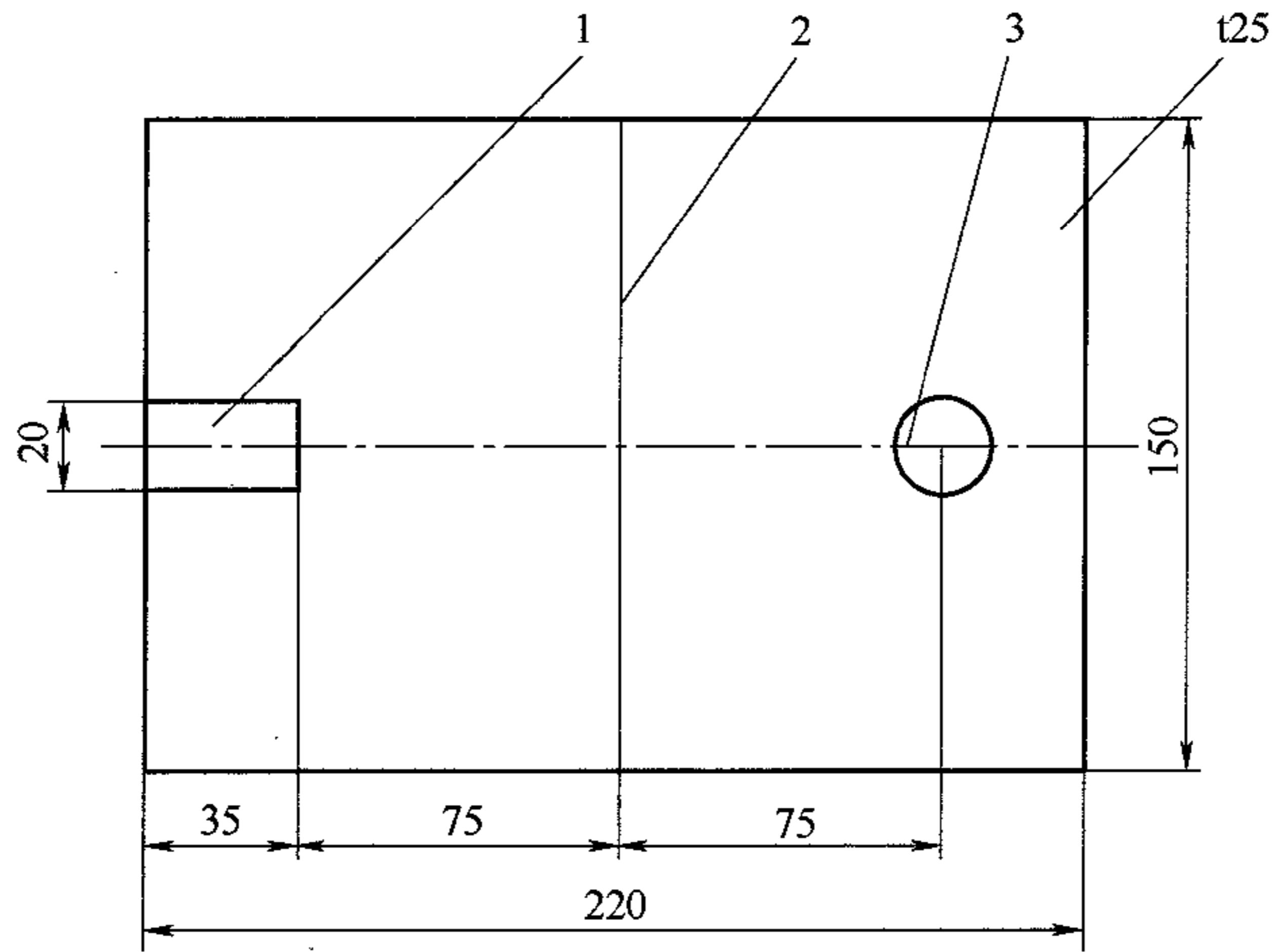
- A.2.4 单相电磁轭参数如下:

- a) 电磁轭截面:20 mm×20 mm;
 b) 匝数:230 匝;
 c) 电流:有效值为7 A 的交流电。

A.3 灵敏度检测仪

- A.3.1 灵敏度检测仪主要包括磁化电源和 JB/T 6066 所规定的 E 型标准试块。

单位为毫米



- 1——单相电磁轭位置；
- 2——黑线；
- 3——磁粉自由着落位置。

图 A.2 试块

单位为毫米

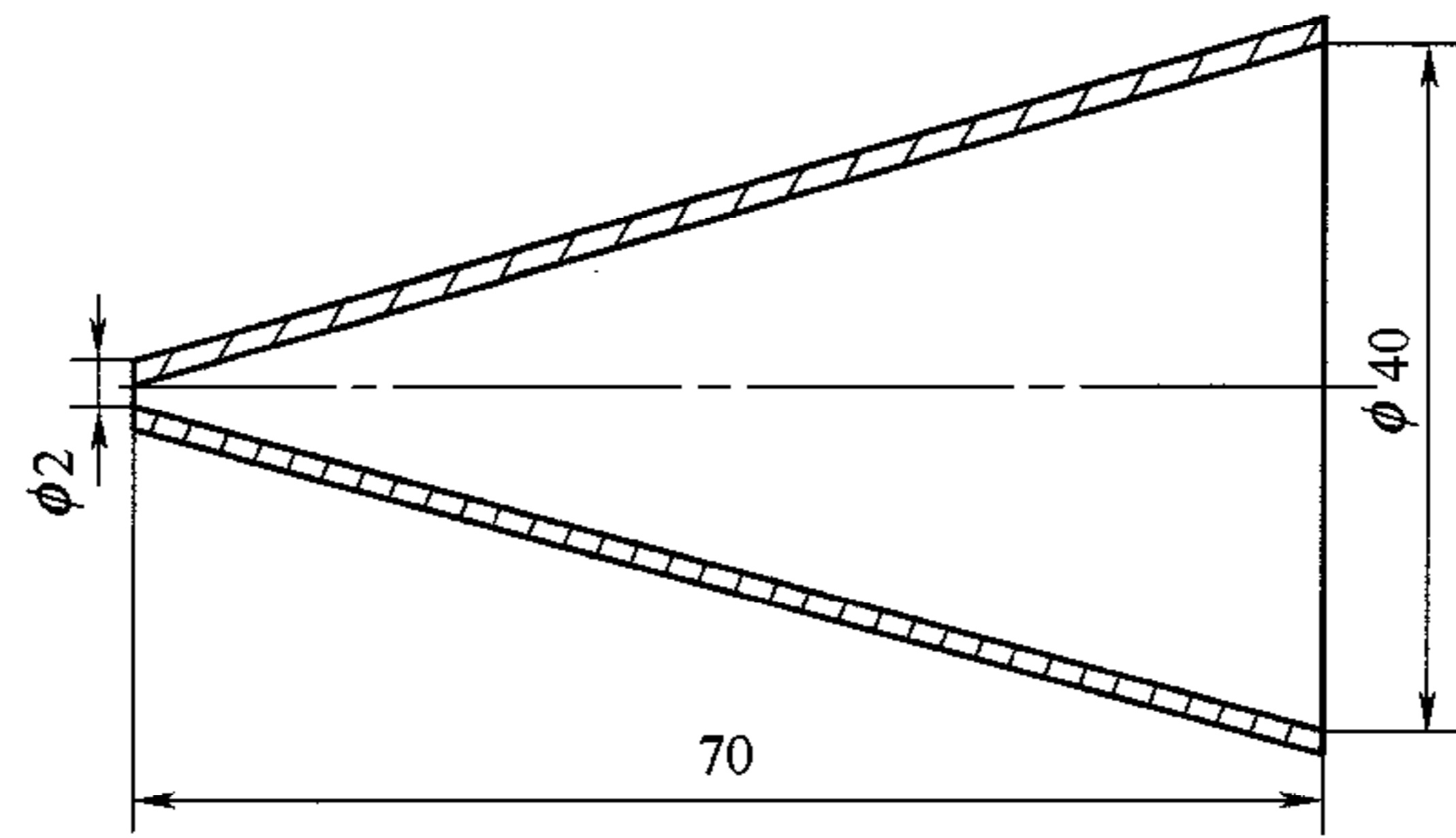
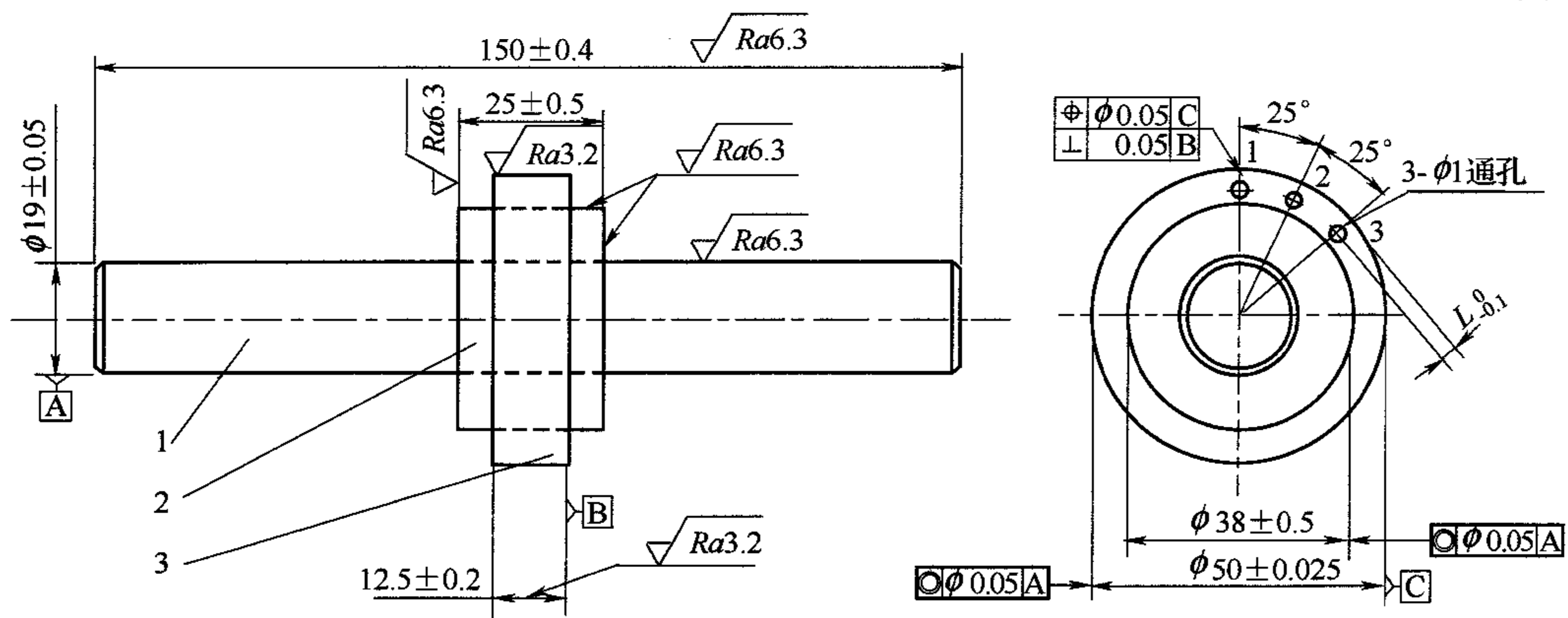


图 A.3 锥形漏斗

单位为毫米



孔号	1	2	3
L	1.5	2.0	2.5

- 1——铜棒；
- 2——内环；
- 3——E型环。

图 A.4 E型标准试块

A.3.2 E型标准试块:如图A.4所示,其中E型环材料为10号低碳钢锻件,晶粒度不低于4级;内环材料为有机玻璃或硬质聚氯乙烯;铜棒材料为紫铜,牌号为2TY,尺寸为 $\phi 19\text{ mm} \times 150\text{ mm}$ 。

A.3.3 检验荧光磁粉灵敏度时,其紫外线辐照度不应小于 $800\text{ }\mu\text{m}/\text{cm}^2$ 。

A.4 荧光亮度测试仪

A.4.1 荧光亮度测试仪原理如图A.5所示。

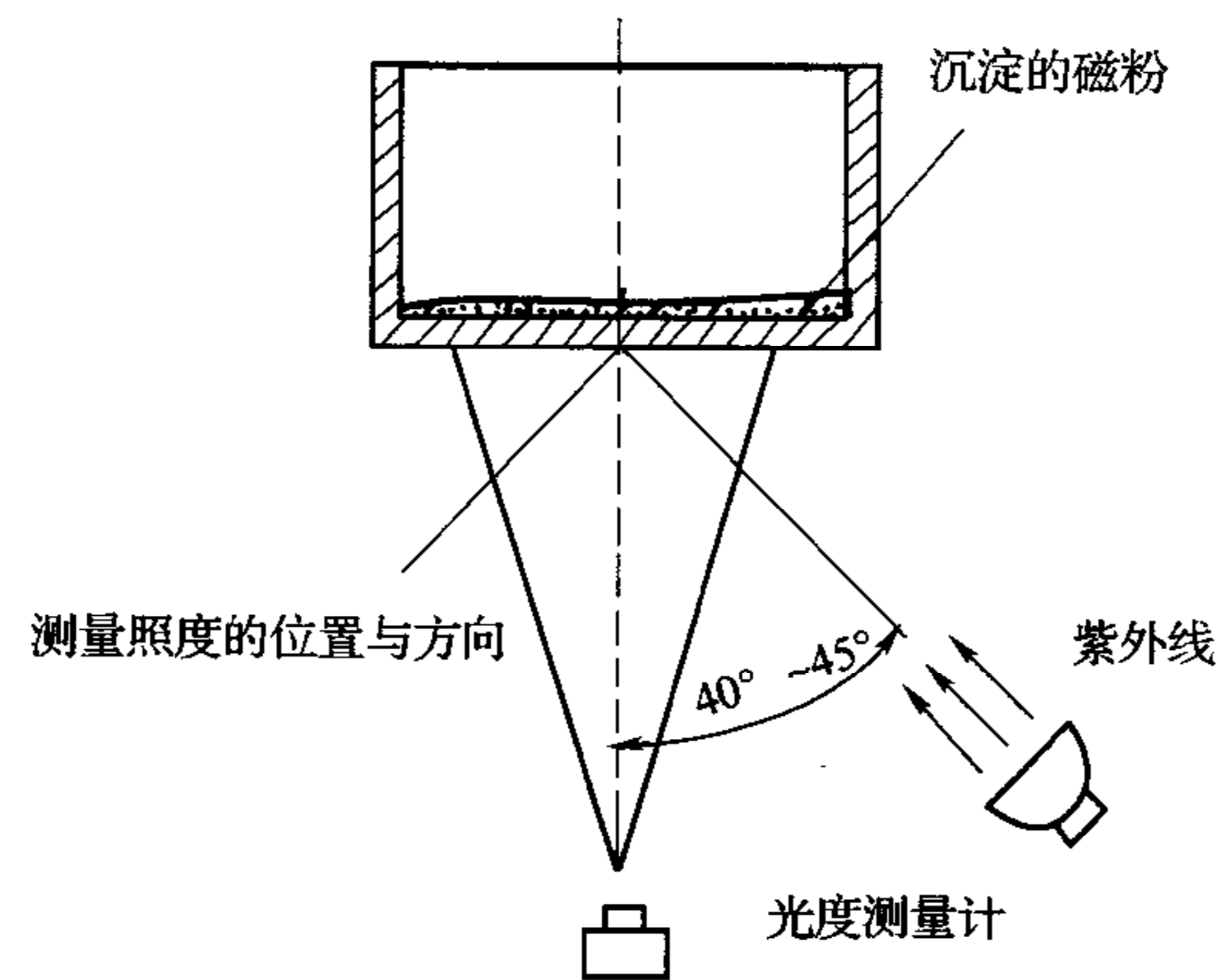


图 A.5 荧光亮度测试仪原理图

A.4.2 主要技术参数如下:

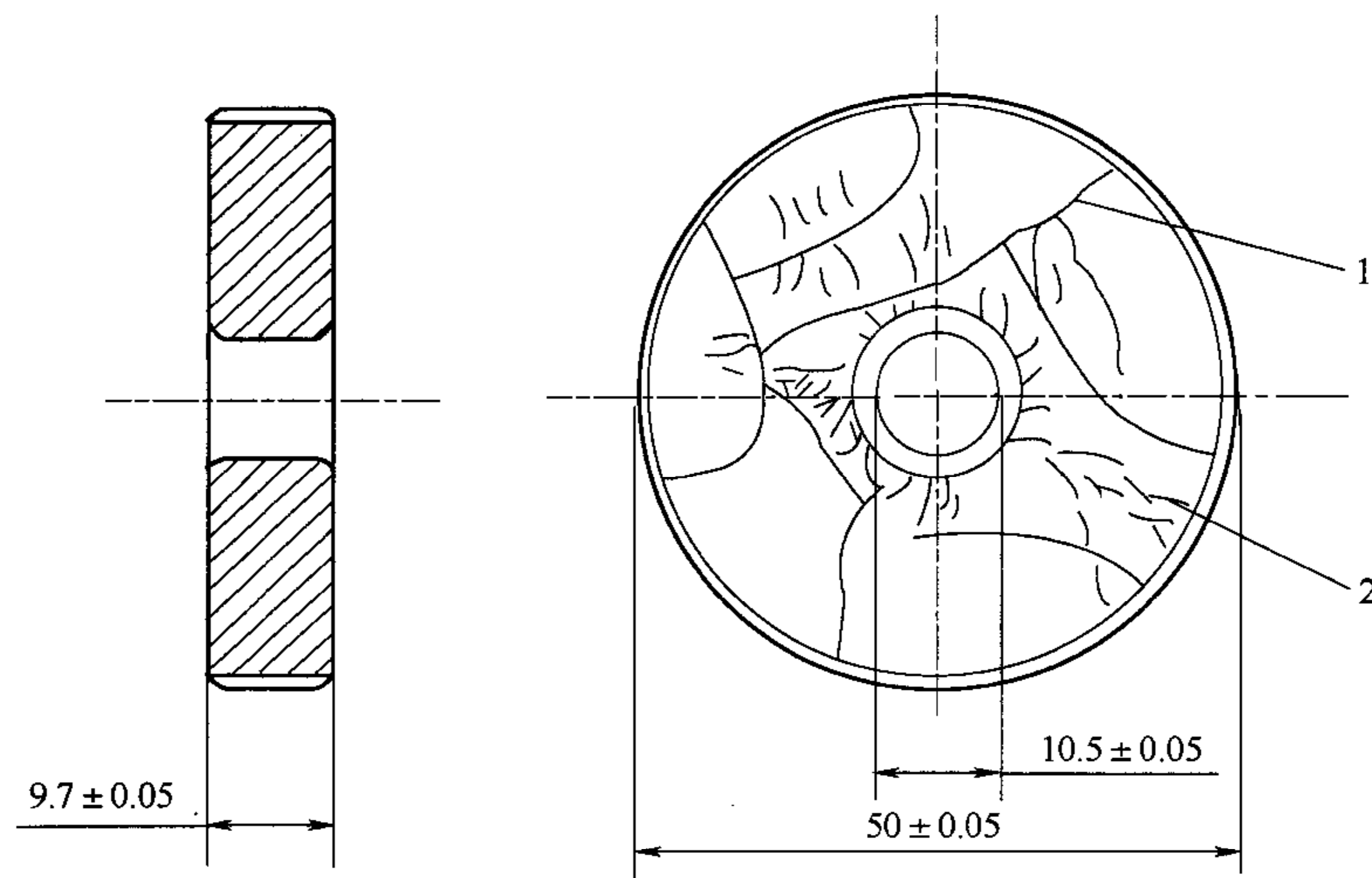
- a) 仪器空载误差: $\leq 3\%$;
- b) 紫外线辐照倾斜角: $40^\circ \sim 45^\circ$;
- c) 紫外线辐照度: 在仪器折射窗口($\phi 30\text{ mm}$)不应小于 $500\text{ }\mu\text{W}/\text{cm}^2$;
- d) 仪器数字显示读数稳定性: 光度计受照后,其显示数据在30 s内不超过 ± 1 读数。

附录 B
(规范性附录)
自然裂纹试块

B.1 试块结构

自然裂纹试块结构示意图如图 B.1 所示。

单位为毫米



- 1——应力腐蚀裂纹；
- 2——磨削裂纹。

图 B.1 自然裂纹试块

B.2 基本要求

该参考试块是表面带有两种自然裂纹的实物试块,如图 B.1 所示。它应包括应力腐蚀裂纹和磨削裂纹。

B.3 制造要求

试块经机加工、硬化处理、油淬及磨削后,产生应力腐蚀裂纹和磨削裂纹,然后采用中心导体法进行永久磁化。

B.4 初始评价

应采用荧光磁粉检测,并采用彩色图谱记录结果。

B.5 应用评价

将待检磁粉或搅拌均匀的磁悬液均匀喷洒在自然裂纹试块无标识面上,观察裂纹显示状况,并与初始评价结果图谱比较,其显示结果应与初始评价结果图谱基本一致。

B.6 标识

每个试块应有唯一标识,并附有合格证书及初始评价结果图谱。

附录 C
(规范性附录)
润湿性试块

C.1 结构与尺寸

润湿性试块参考尺寸及结构如图 C.1 所示。

单位为毫米

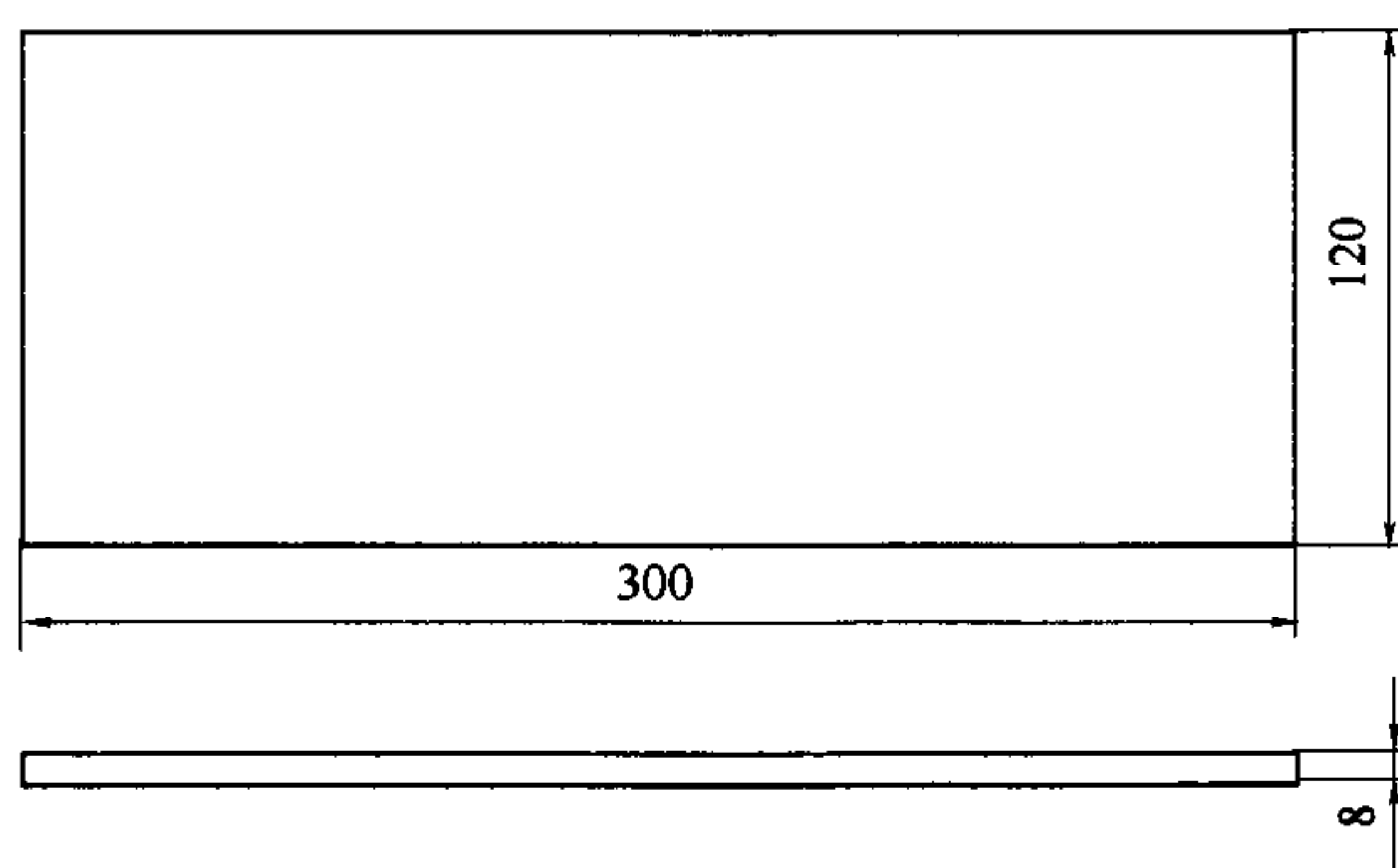


图 C.1 润湿性试块示意图

C.2 技术要求

C.2.1 有效面积:不小于 300 mm × 120 mm。

C.2.2 材质:Q345 钢。

C.2.3 表面粗糙度:MRR $Ra6.3 \mu\text{m}$ 。

ICS 19.100
S 05

TB

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 2047.2—2011

铁路用无损检测材料技术条件 第2部分：渗透检测用材料

Technical specification for materials used for non-destructive testing in railway
Part 2: Materials for penetrant testing

2011-05-20 发布

2011-11-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

前 言

TB/T 2047《铁路用无损检测材料技术条件》分为以下三个部分：

- 第1部分：磁粉检测用材料；
- 第2部分：渗透检测用材料；
- 第3部分：超声波检测用探头。

本部分为 TB/T 2047 的第2部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由南车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司提出并归口。

本部分主要起草单位：南车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司、武汉铁路局、宜兴市周铁无损探伤材料有限公司。

本部分主要起草人：万升云、易双清、蒋田芳、陈汉良、卢东磊。

铁路用无损检测材料技术条件

第2部分：渗透检测用材料

1 范 围

TB/T 2047 的本部分规定了着色渗透检测用渗透剂、清洗剂、显像剂等材料的技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和储存等。

本部分适用于溶剂去除型和水洗型着色渗透检测用材料的出厂性能检验及用户复验时的质量验收。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 261 闪点的测定 宾斯基—马丁闭口杯法

GB/T 265 石油产品运动黏度测定法和动力黏度计算法

GB/T 12604.3—2005 无损检测 术语 渗透检测

3 术语和定义

GB/T 12604.3—2005 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了GB/T 12604.3—2005 中的某些术语和定义。

3.1

渗透剂 penetrant

用于施加到工件表面上的液体,该液体具有能够进入不连续内而且对多余部分去除后仍能保留在不连续内可检测的性能。

[GB/T 12604.3—2005,定义 2.22]

3.2

着色渗透剂 colour contrast penetrant

有染料(一般为红色)的液体渗透剂。

[GB/T 12604.3—2005,定义 2.4]

3.3

溶剂去除型渗透剂 solvent-removable penetrant

被检表面的多余渗透剂,需用适宜的溶剂予以去除的渗透剂。

[GB/T 12604.3—2005,定义 2.33]

3.4

水洗型渗透剂 water-washable penetrant

可直接水洗的渗透剂。

[GB/T 12604.3—2005,定义 2.38]

3.5

清洗剂 detergent remover

一种洗涤剂的水溶液。在液体渗透检验中,用以清除渗透剂。

3.6

显像剂 developer

具有充分吸出不连续内渗透剂的性能,以便更容易观察渗透剂的物质。

[GB/T 12604.3—2005,定义 2.5]

4 技术要求

4.1 渗透剂

4.1.1 颜色

液体颜色应是红色、橙色或紫色。

4.1.2 密度

在环境温度 20 ℃ 的条件下,其密度应在 $0.8 \text{ g/cm}^3 \sim 1.0 \text{ g/cm}^3$ 范围内。

4.1.3 闪点(闭口)

罐装渗透剂闪点不应低于 52 ℃;散装渗透剂闪点不应低于 65 ℃。

4.1.4 运动黏度

在 38 ℃ 时,运动黏度应在 $1.3 \text{ mm}^2/\text{s} \sim 3.0 \text{ mm}^2/\text{s}$ (厘斯)范围内。

4.1.5 白点直径

白点直径不大于 3 mm。

4.1.6 含水量

含水量体积百分数不大于 2%。

4.1.7 腐蚀性

按 5.7 规定的检测方法,目视观察试样两面,不应有失光、变色和腐蚀现象。

4.1.8 可去除性

4.1.8.1 水洗型渗透剂

将附录 A 所示试块浸入被检渗透液中 15 min,然后让试块以 $60^\circ \pm 5^\circ$ 的角度滴落 5 min ~ 8 min。在滴落时间结束后,将试块放入冲洗设备中冲洗 30 s。冲洗设备应装有两个喷嘴,冲洗水的压力为 0.4 MPa。再用热风干燥,在白光下观察,应无渗透剂颜色。

4.1.8.2 溶剂去除型渗透剂

溶剂去除型渗透剂的可去除性性能要求和方法同 4.1.8.1,但应用溶剂进行冲洗去除,并热风干燥,在白光下观察,应无渗透剂颜色。

4.1.9 润湿性

采用脱脂棉球蘸少量渗透剂或喷涂到清洁发亮的铝板表面,涂层薄而均匀,5 min ~ 8 min 后观察,渗透液膜层不应收缩,且不应形成气泡,所有渗透液应很容易润湿铝板表面。

4.2 清洗剂

4.2.1 颜色

液体颜色应是无色或淡黄色。

4.2.2 密度

在环境温度 20 ℃ 的条件下,其密度应在 $0.7 \text{ g/cm}^3 \sim 1.0 \text{ g/cm}^3$ 范围内。

4.2.3 腐蚀性

按 5.7 规定的检测方法,目视观察试样两面,不应有失光、变色和腐蚀现象。

4.3 显像剂(速干型)

4.3.1 颜色

悬浮液体颜色应是白色。

4.3.2 密度

在环境温度 20 ℃ 的条件下,其密度应在 0.8 g/cm³ ~ 1.0 g/cm³ 范围内。

4.3.3 再悬浮

当按 5.8 的方法检验时,经轻轻摇动就可将已形成的沉淀很容易地再悬浮。

4.3.4 沉降速率(沉降性)

4.3.4.1 溶剂悬浮显像剂

当按 5.9 的方法检验时,分界线以上液体体积不应超过 2 mL。

4.3.4.2 水悬浮显像剂

按产品说明书配制,并静止 4 h。再按 5.9 的方法检验时,分界线以上液体体积不超过 12.5 mL。

4.3.5 腐蚀性

按 5.7 规定的检测方法,目视观察试样两面,不应有失光、变色和腐蚀现象。

4.3.6 可去除性

将被检显像剂喷或涂刷在尺寸 40 mm × 50 mm × 2 mm,材料 1Cr18Ni9 试块上,静止 5 min 后,自来水冲洗 1 min,置空气中干燥后,在斜照的白光或自然光下,目视观察,应无残留显像剂。

4.4 灵敏度

用附录 B 所示灵敏度试块进行检验,其灵敏度应符合表 1 要求。

表 1 着色渗透剂灵敏度等级的确定

灵敏度等级	缺陷显示状态
普通灵敏度	3 点
高灵敏度	5 点

5 试验方法

5.1 颜色

将渗透剂喷洒在长宽不小于 210 mm × 297 mm 的白纸上,至少覆盖直径 100 mm 的区域,在白光照度不小于 1 000 lx 条件下观察颜色。

5.2 密度

在环境温度 20 ℃ 的条件下,采用浮子式密度计进行测量。

5.3 闪点(闭口)

按 GB/T 261 规定的方法进行测定。

5.4 运动黏度

按 GB/T 265 规定的方法进行测定。

5.5 白点直径

试验方法如下:

- 在一块玻璃板上滴 3 滴 ~ 5 滴渗透液。
- 将一块曲率半径 1.06 m 平凸透镜(牛顿环)的凸面压在渗透液上,这时透镜与平板之间的渗透液呈薄膜状。平凸透镜与平板相接触的一点称为白点,该点渗透液的厚度为零。
- 测量白点的直径。

5.6 含水量

渗透液的含水量采用附录 C 所示水分测定器进行测量。取 100 mL 渗透液和 100 mL 无水溶剂(如二甲苯)置于容量为 500 mL 的圆底玻璃烧瓶中,摇动 5 min,使均匀混合,用酒精灯加热烧瓶,并控制回流速度。使冷凝器的斜口每秒钟滴下 2 滴 ~ 4 滴液体。含水量按公式(1)进行计算:

$$S = \frac{V}{100} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

S ——含水量的数值,单位为百分数(%);

V ——集水管中水的容量数值,单位为毫升(mL)。

5.7 腐蚀性

将附录 D 所示试块放入被检渗透液中,试块一半侵入液体中,将盛放渗透液的器皿置于 $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的恒温水槽中。3 h 后,将试块从液体中取出。直接用水冲洗、干燥,然后目视观察试块两面是否符合要求。

5.8 再悬浮

试验前,材料应被搅拌到所有固体都处于悬浮状态。对于罐装产品,应先释放在容器中的压力,然后将显像剂全部倒入一合适的容器内搅拌。固体呈悬浮状态后,让显像剂静止 24 h,再将其轻轻地摇动,进行目视检查,观察其是否符合要求。

5.9 沉降速率

将试验用的显像剂搅拌到所有固体粉末呈悬浮状态。对于罐装产品,应先释放在容器中的压力,然后将显像剂全部倒入一合适的容器内搅拌。然后将 25 mL 溶剂悬浮显像剂注入 25 mL 量筒中,静止 15 min 后检查悬浮液的分层情况。此时,在全部混合液的表面下,检查沉淀物与无沉淀物的分界线以上的液体体积。

5.10 灵敏度

使用附录 B 所示灵敏度试块进行试验,试验前,应对试块进行预清洗,并按使用说明书规定的方法分别进行渗透、清洗、显像等操作,然后观察试块显示情况。

6 检验规则

6.1 批的定义

一批是指用同一批的原材料,在相同的工艺条件下一次生产出来的产品。

6.2 出厂检验

6.2.1 每种材料出厂前,应按每批抽样进行出厂检验。

6.2.2 检验项目包括:渗透剂应符合 4.1 的规定;清洗剂应符合 4.2 的规定;显像剂应符合 4.3 的规定。

6.2.3 检验应从每批材料中随机抽取 3 份样品进行,一个项目一次检验不合格,可从另一份样品中重新取样复检,只要一个项目复检不合格,则该批产品不合格,不应出厂。

6.3 用户复验

6.3.1 采购的每种材料,用户应按每批抽样进行复验。

6.3.2 复验项目应按表 2 规定执行。

表 2 渗透检测材料的复验项目

序号	材料名称	复验项目
1	渗透剂	颜色、润湿性、闪点、运动黏度、腐蚀性、可去除性
2	清洗剂	颜色、腐蚀性
3	显像剂	颜色、再悬浮、沉降速率、腐蚀性、可去除性
渗透检测材料系统还应进行灵敏度检验;罐装材料应进行喷灌试验,要求喷罐喷嘴不堵塞,喷雾细散均匀。		

6.3.3 用户复验应从每种材料中随机抽取 1 份样品进行,一个项目一次检验不合格,可随机再抽 1 份样品重新取样复检,只要一个项目复检仍不合格,则该种产品不合格,使用单位应拒收该材料。

6.4 检验报告

供方应向需方提供每种材料的每一批的出厂检验报告,报告内容除了反映该批产品各项技术指标符合本标准的规定之外,还应包括产品名称、批号、产品类别、数量。

7 包装、标志、储存

7.1 采用喷罐装时,喷罐或包装容器上应具有在运输中不易消失的标志,内容包括:

- a) 生产单位名称;
- b) 材料名称、种类;
- c) 颜色、灵敏度等级;
- d) 生产日期、有效期、数量、批号。

7.2 产品应附有质量合格证书,内容包括:

- a) 材料名称、种类;
- b) 颜色、灵敏度等级;
- c) 质量指标、检验结果、检验结论;
- d) 检验人员印章。

7.3 渗透剂、清洗剂、显像剂可采用喷罐装或容器封装,应远离高温、明火,并无阳光照射环境存放。渗透剂、清洗剂、显像剂有效期为一年,生产单位应在每个原包装上标明。

附录 A
(规范性附录)
渗透剂可去除性试块

A.1 结构示意图

可去除性试块参考尺寸及结构示意图如图 A.1 所示。

单位为毫米

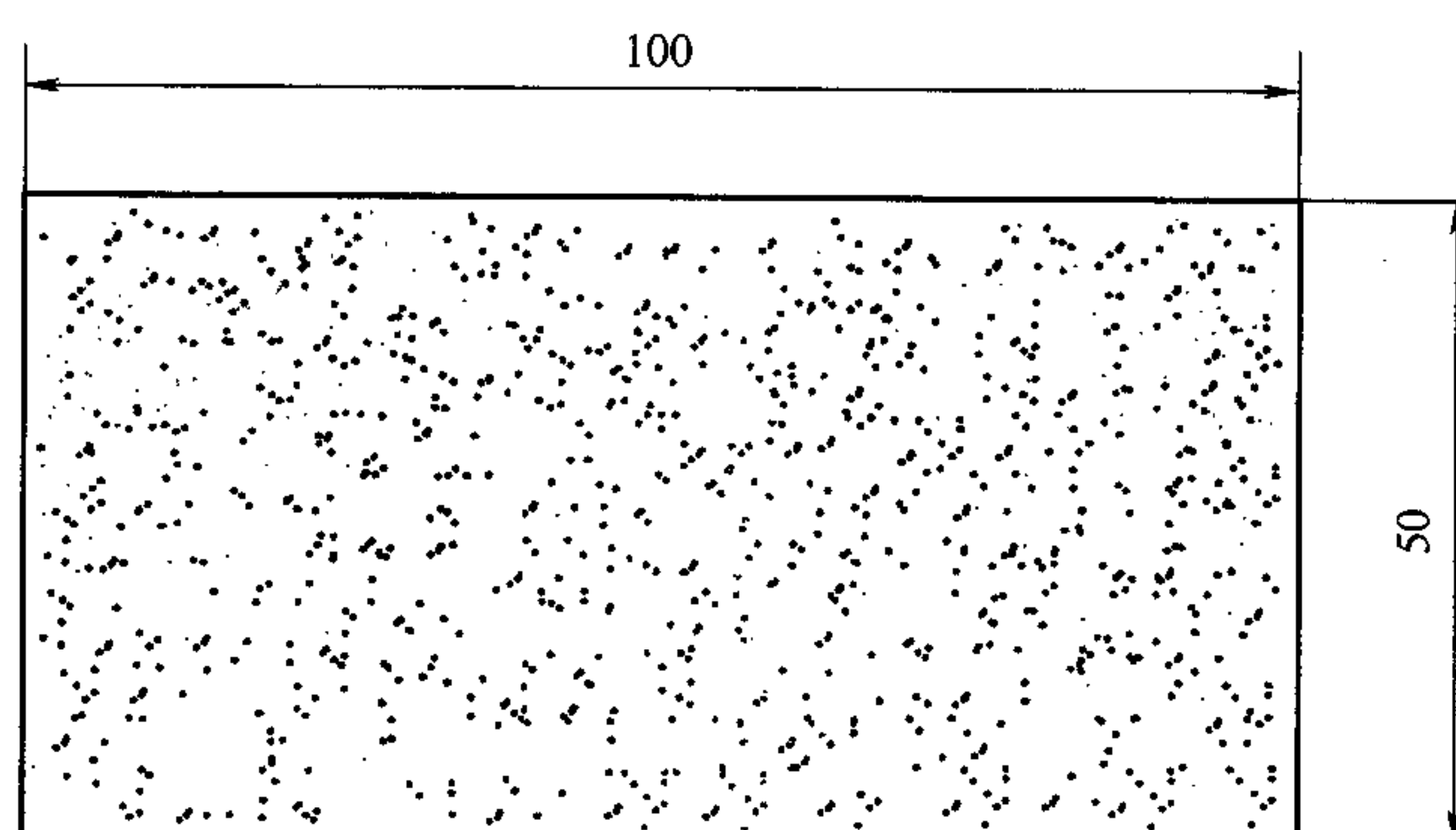


图 A.1 渗透剂可去除性试块示意图

A.2 技术要求

A.2.1 材料

材料为 1Cr18Ni9。

A.2.2 制作要求

可去除性(吹砂钢)试块采用 150 mm × 50 mm 的退火不锈钢片组成。在试块的一面,用平均粒度为 100 目的砂子进行吹砂,吹砂喷枪距试片表面 450 mm,压缩空气压力 0.4 MPa,一直把试块表面吹成毛面状态,制备好的试块用干净纸包好备用。

附录 B
(规范性附录)
灵敏度等级试块

B.1 结构示意图

着色渗透剂系列产品灵敏度等级试块结构示意图如图 B.1 所示。

单位为毫米

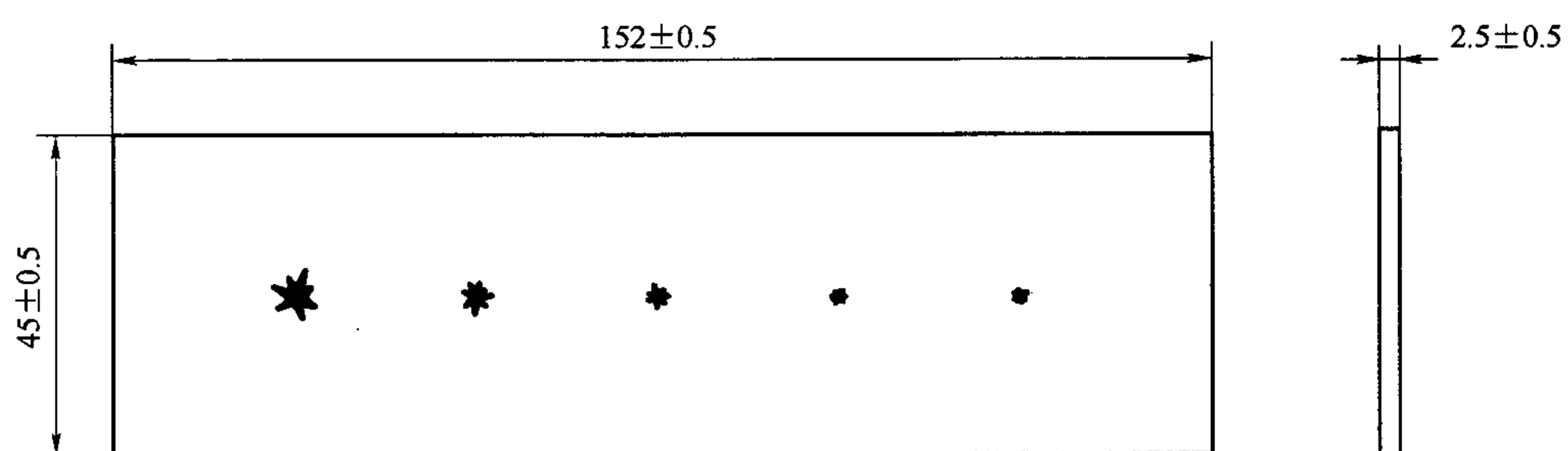


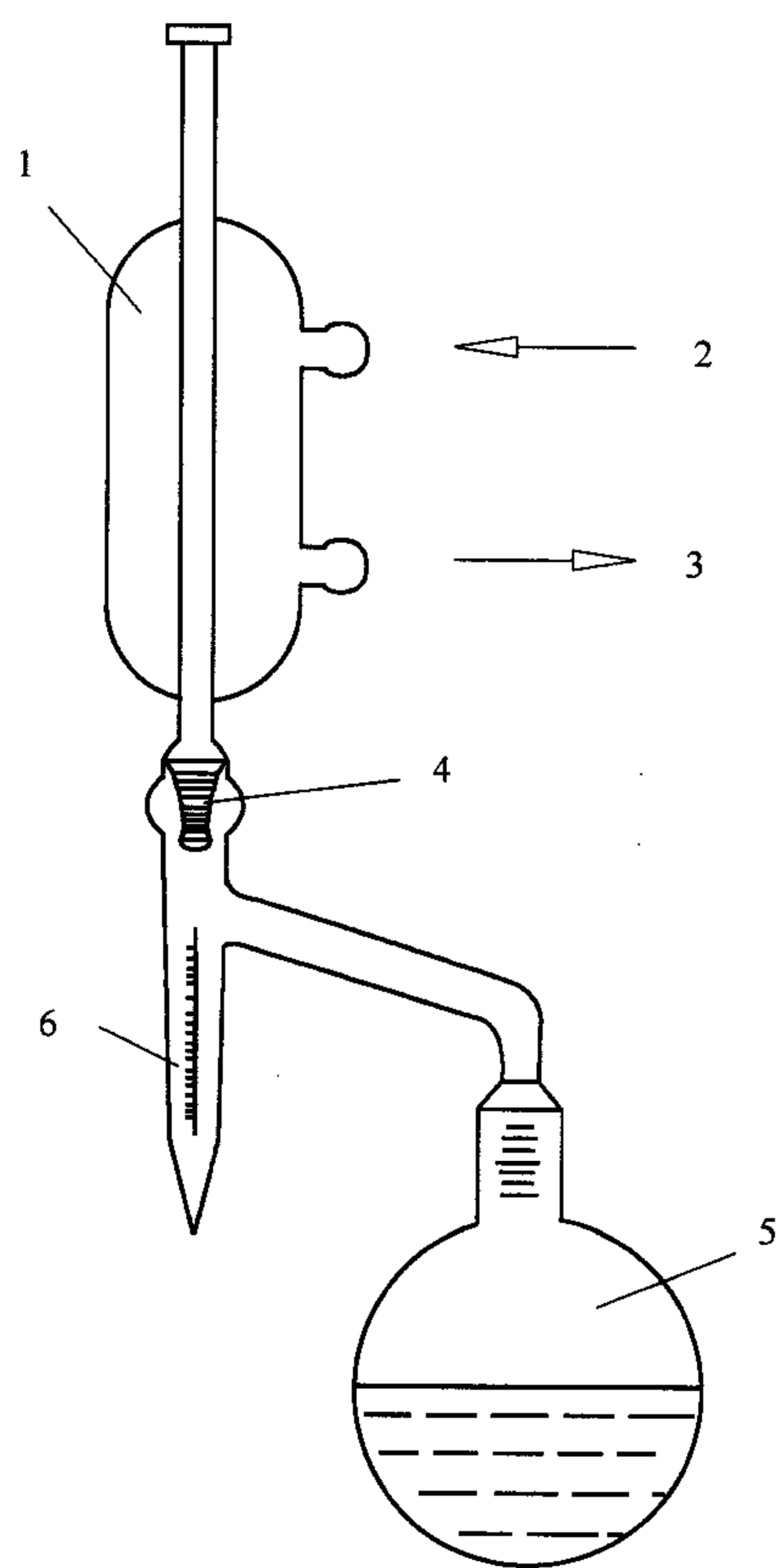
图 B.1 灵敏度等级试块

B.2 技术要求

- B.2.1** 材料为 1Cr18Ni9。
- B.2.2** 试块为矩形,推荐尺寸:150 mm × 45 mm。
- B.2.3** 单面磨光后镀铬,然后在镀铬层表面压制有 5 处大小不同的辐射状裂纹。

附录 C
(规范性附录)
水分测定器示意图

水分测定器示意图如图 C.1 所示。



- 1——冷凝器；
- 2——入水口；
- 3——出水口；
- 4——斜口；
- 5——烧瓶；
- 6——集水管。

图 C.1 水分测定器示意图

附录 D
(规范性附录)
腐蚀性检验试块

D.1 尺寸及结构示意图

腐蚀性试块参考尺寸及结构示意图如图 D.1 所示。

单位为毫米

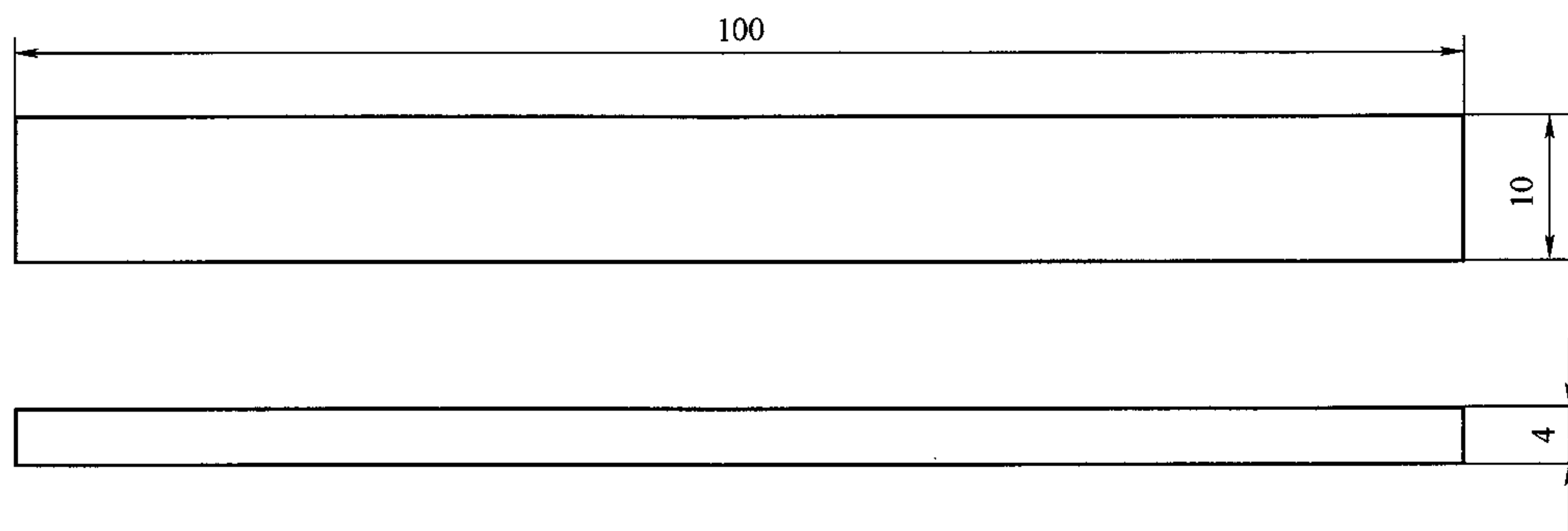


图 D.1 腐蚀性检验试块示意图

D.2 技术要求

D.2.1 材料:30CrMoA。

D.2.2 制作要求:基本尺寸 100 mm × 10 mm × 4 mm;表面为轧制状态。

ICS 19.100
S 05

TB

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 2047.3—2011

铁路用无损检测材料技术条件 第3部分：超声波检测用探头

Technical specification for materials used for non-destructive testing in railway
Part 3: Probes for ultrasonic testing

2011-05-20 发布

2011-11-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

前 言

TB/T 2047《铁路用无损检测材料技术条件》分为以下三个部分：

——第1部分：磁粉检测用材料；

——第2部分：渗透检测用材料；

——第3部分：超声波检测用探头。

本部分为 TB/T 2047 的第3部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由南车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司提出并归口。

本部分主要起草单位：南车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司、南昌市立新电子器件有限公司、常州超声电子有限公司。

本部分主要起草人：万升云、吴来政、潘振新、郑小康、蒋田芳。

铁路用无损检测材料技术条件

第3部分:超声波检测用探头

1 范 围

TB/T 2047 的本部分规定了中心频率范围在 0.5 MHz ~ 15 MHz, 单片晶片面积 $10 \text{ mm}^2 \sim 1\,000 \text{ mm}^2$ 以及双晶片焦距为 0 ~ 100 mm 的超声波检测用探头的技术要求、检验方法、检验规则、标识及储存等。

本部分适用于铁道行业使用的纵波直探头、横波斜探头、纵波小角度探头、双晶探头的出厂性能检验及用户复验时的质量验收。

2 探头型号

2.1 探头型号组成及排列顺序如下:

频率—晶片材料—晶片尺寸—探头种类—特征
其中,特征可省略。

2.2 频率用阿拉伯数字表示,单位为 MHz。

晶片材料用缩写符号表示,具体见表 1。

晶片尺寸用阿拉伯数字表示,单位为 mm。其中圆晶片用直径表示,方晶片用长 × 宽表示,双晶探头晶片为两半圆形的用分割前的直径表示,两块方形晶片用单晶片的长 × 宽或者长 × 宽 × 2 表示。

探头种类用汉语拼音缩写字母表示,具体见表 2。

探头特征:横波斜探头折射角正切值(K 值)用阿拉伯数字表示,钢中折射角用阿拉伯数字表示,单位为度。双晶探头焦距用阿拉伯数字表示,单位为 mm。水浸探头水中焦距用阿拉伯数字表示,单位为 mm, DJ 表示点聚焦, XJ 表示线聚焦。

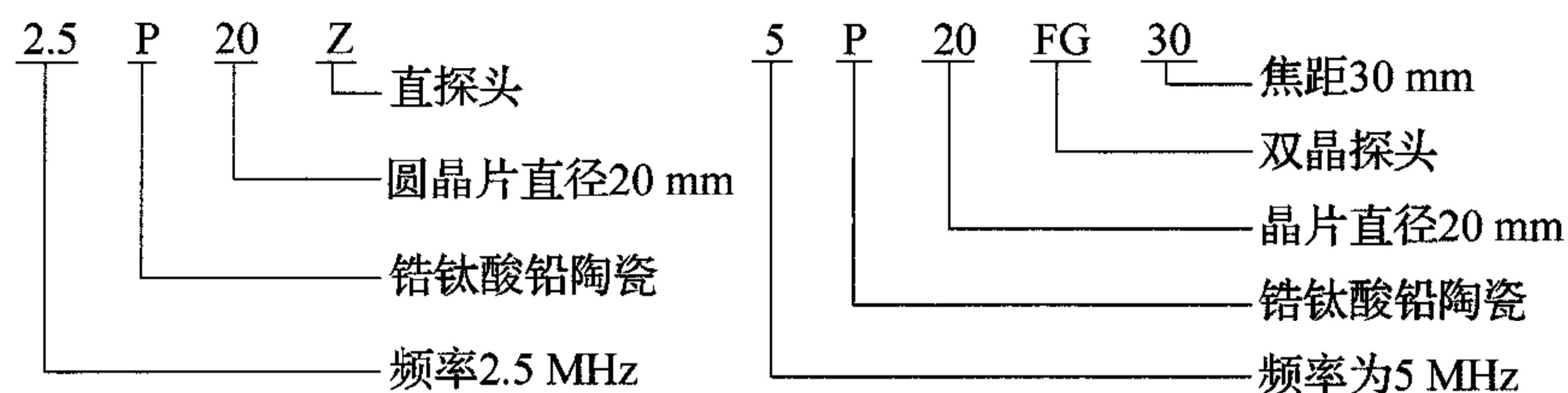
表 1 晶片材料表达法

材 料	代 号	材 料	代 号
锆钛酸铅陶瓷	P	碘酸锂单晶	I
钛酸钡陶瓷	B	石英单晶	Q
钛酸铅陶瓷	T	压电复合材料	C
铌酸锂陶瓷	L	其他压电材料	N

表 2 探头种类表达法

种 类	代 号	种 类	代 号
直探头	Z	双晶探头	FG
斜探头	K	纵波小角度探头	ZX
	X		

示例：



3 技术要求

3.1 纵波直探头

3.1.1 灵敏度余量

频率为 2.5 MHz、晶片面积为 314 mm^2 ($\phi 20 \text{ mm}$) 的探头,灵敏度余量不低于 46 dB。当频率或晶片直径发生变化时,灵敏度余量应符合如下规定:

- 当频率低于 2.5 MHz,晶片面积不变时,每下降 20%,灵敏度余量可下降 8%;当晶片面积小于 314 mm^2 ($\phi 20 \text{ mm}$),频率不变时,每下降 20%,灵敏度余量要求相应下降 8%;当频率低于 2.5 MHz,且晶片面积小于 314 mm^2 ($\phi 20 \text{ mm}$) 时,每同时下降 20%,灵敏度余量要求相应下降 16%。
- 当频率高于 2.5 MHz,晶片面积不变时,每变化 50%,灵敏度余量可下降 8%;当晶片面积大于 314 mm^2 ($\phi 20 \text{ mm}$),频率不变时,每变化 50%,灵敏度余量可下降 8%。
- 当频率高于 2.5 MHz,且晶片面积大于 314 mm^2 ($\phi 20 \text{ mm}$) 时,每同时高于 20%,灵敏度余量可下降 8%。
- 随频率和面积变化而变化的比率,适用于本部分各灵敏度余量指标。a) 种情况也适用于空载始波宽度的指标。

3.1.2 空载始波宽度

空载始波宽度不超过 20 mm。

3.1.3 声轴偏斜角

声轴偏斜角不超过 1° 。

3.1.4 回波频率

回波频率与探头标称频率的偏差不超过 10%。

3.1.5 脉冲宽度

探头频率 $1 \text{ MHz} \leq f < 2.5 \text{ MHz}$,不大于 $3 \mu\text{s}$ 。

探头频率 $2.5 \text{ MHz} \leq f < 5 \text{ MHz}$,不大于 $1.6 \mu\text{s}$ 。

探头频率 $f \geq 5 \text{ MHz}$,不大于 $0.8 \mu\text{s}$ 。

3.2 横波斜探头

3.2.1 灵敏度余量

灵敏度余量不应低于 60 dB。

3.2.2 空载始波占宽

空载始波占宽不超过 20 mm。

3.2.3 声轴偏斜角

折射角 $\beta \leq 45^\circ$ 时,不应大于 1.5° 。

折射角 $\beta > 45^\circ$ 时,不应大于 1.0° 。

3.2.4 折射角

折射角 $\beta \leq 45^\circ$,实测折射角与探头标称折射角的偏差不超过 2%。

折射角 $\beta > 45^\circ$,实测折射角与探头标称折射角的偏差不超过 4%。

3.2.5 回波频率

回波频率与探头标称频率的偏差不超过10%。

3.2.6 脉冲宽度

探头频率 $1\text{ MHz} \leq f < 2.5\text{ MHz}$, 不大于 $3\ \mu\text{s}$ 。

探头频率 $2.5\text{ MHz} \leq f < 5\text{ MHz}$, 不大于 $1.6\ \mu\text{s}$ 。

探头频率 $f \geq 5\text{ MHz}$, 不大于 $0.8\ \mu\text{s}$ 。

3.2.7 前沿长度

标称值与实测值偏差不应超过10%。

3.3 纵波小角度探头

3.3.1 灵敏度余量

灵敏度余量不应低于50 dB。

3.3.2 空载始波占宽

不超过30 mm。

3.3.3 折射角

折射角与探头标称折射角的偏差不超过5%。

3.3.4 声轴偏斜角

声轴偏斜角不应大于 1.5° 。

3.3.5 回波频率

回波频率与探头标称频率的偏差不超过10%。

3.3.6 脉冲宽度

探头频率 $1\text{ MHz} \leq f < 2.5\text{ MHz}$, 不大于 $3\ \mu\text{s}$ 。

探头频率 $2.5\text{ MHz} \leq f < 5\text{ MHz}$, 不大于 $1.6\ \mu\text{s}$ 。

探头频率 $f \geq 5\text{ MHz}$, 不大于 $0.8\ \mu\text{s}$ 。

3.3.7 前沿长度

标称值与实测值偏差不应超过10%。

3.4 双晶探头

3.4.1 灵敏度余量

焦距小于等于20 mm的双晶探头不应低于40 dB, 焦距大于20 mm的双晶探头不应低于32 dB。

3.4.2 焦距

实测焦距与探头标称焦距的偏差不超过20%。

3.4.3 回波频率

回波频率与探头标称频率的偏差不超过10%。

4 试验方法

4.1 纵波直探头

4.1.1 灵敏度余量

4.1.1.1 测试设备

测试设备如下:

- a) 超声波探伤仪;
- b) TB-W1 试块(CSK-I A 试块的改进型), 试块见附录 A;
- c) 附录 B 中的 DB-P 试块。

4.1.1.2 测试方法

将探头置于 TB-W₁ 试块高度为100 mm处(如图1所示)使第1次回波和第2次回波的前沿分别对准

荧光屏水平第5大格和第10大格,此时水平刻度每大格代表钢中纵波20mm。再将探头置于附录B的表B.1中Z20-2试块上,将来自 $\phi 2$ mm平底孔的回波调至荧光屏满屏的50%,记下此时衰减器的读数 S_1 。

此时,探头灵敏度余量 S 为:

$$S = S_1 - S_0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

S_0 :调节仪器相关按键或参数,使仪器灵敏度最大,若此时仪器的电噪声电平高于满幅的10%,则应使电噪声电平降为满幅的10%时衰减器的读数;如果不能达到10%时, S_0 为零。

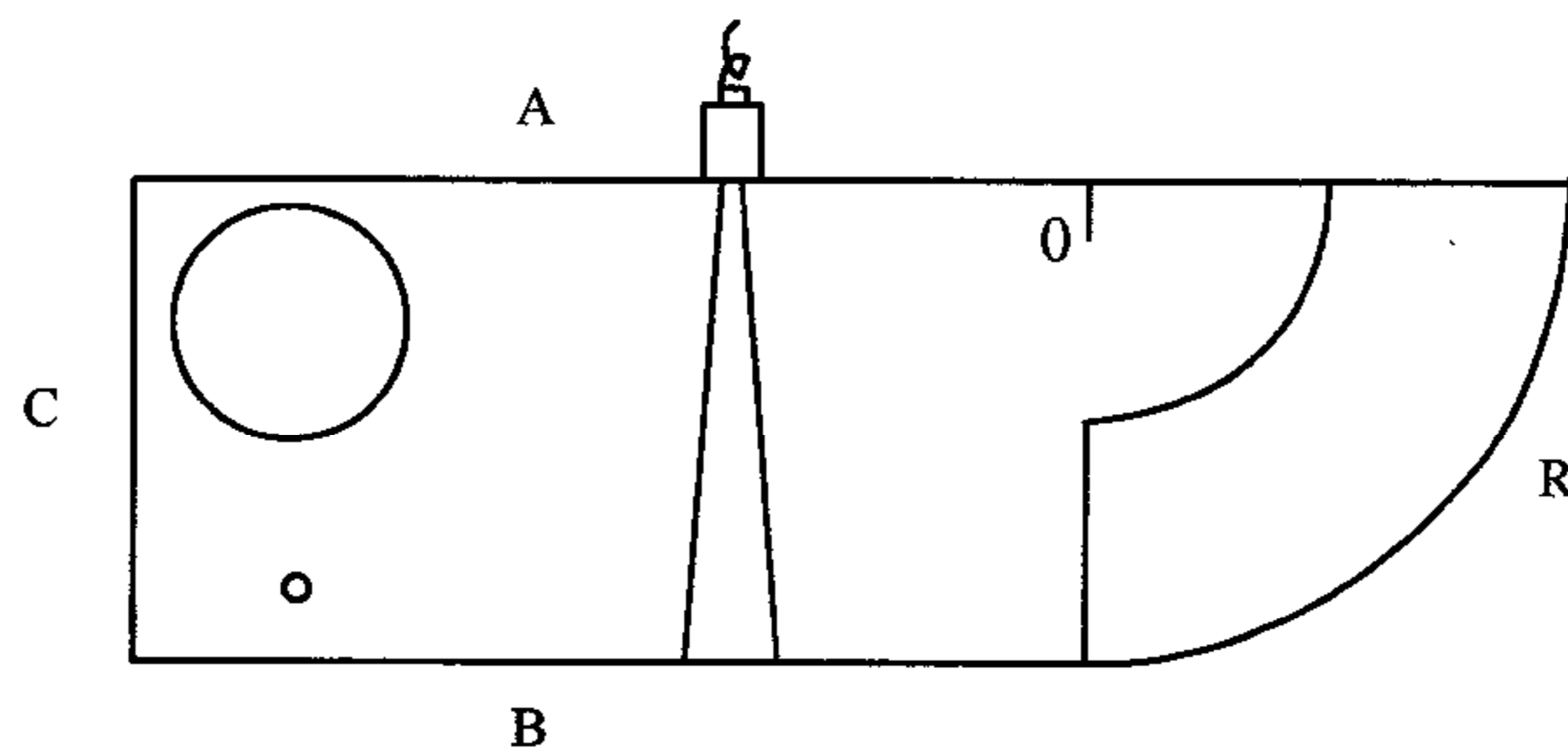


图1 TB-W₁ 试块

4.1.2 空载始波宽度

测试完灵敏度余量后,从试块上取下探头并擦去接触面耦合剂,读取水平刻度的0点至始波后沿与垂直刻度20%交点所对应的水平距离 W_0 , W_0 即为空载始波占宽,用钢中纵波传播距离表示。

4.1.3 声轴偏斜角

4.1.3.1 测试设备

测试设备如下:

- a) 超声波探伤仪;
- b) 附录B中的DB-H1试块。

4.1.3.2 测试方法

测试方法如下:

- a) 在试块上选取深度约为2倍被测探头近场长度的横通孔;
- b) 将探头的几何中心轴对准横通孔的中心轴(如图2所示),然后使探头沿 x 方向在试块的中心线移动,用游标卡尺测出横通孔波幅最高时探头的移动距离 D_x ;
- c) 探头旋转 90° ,重复上述步骤b)得 D_y ;
- d) 取 D_x 和 D_y 中的较大者作为 D ,则声轴偏斜角为:

$$\theta = \arctan(D/H) \quad \dots\dots\dots(2)$$

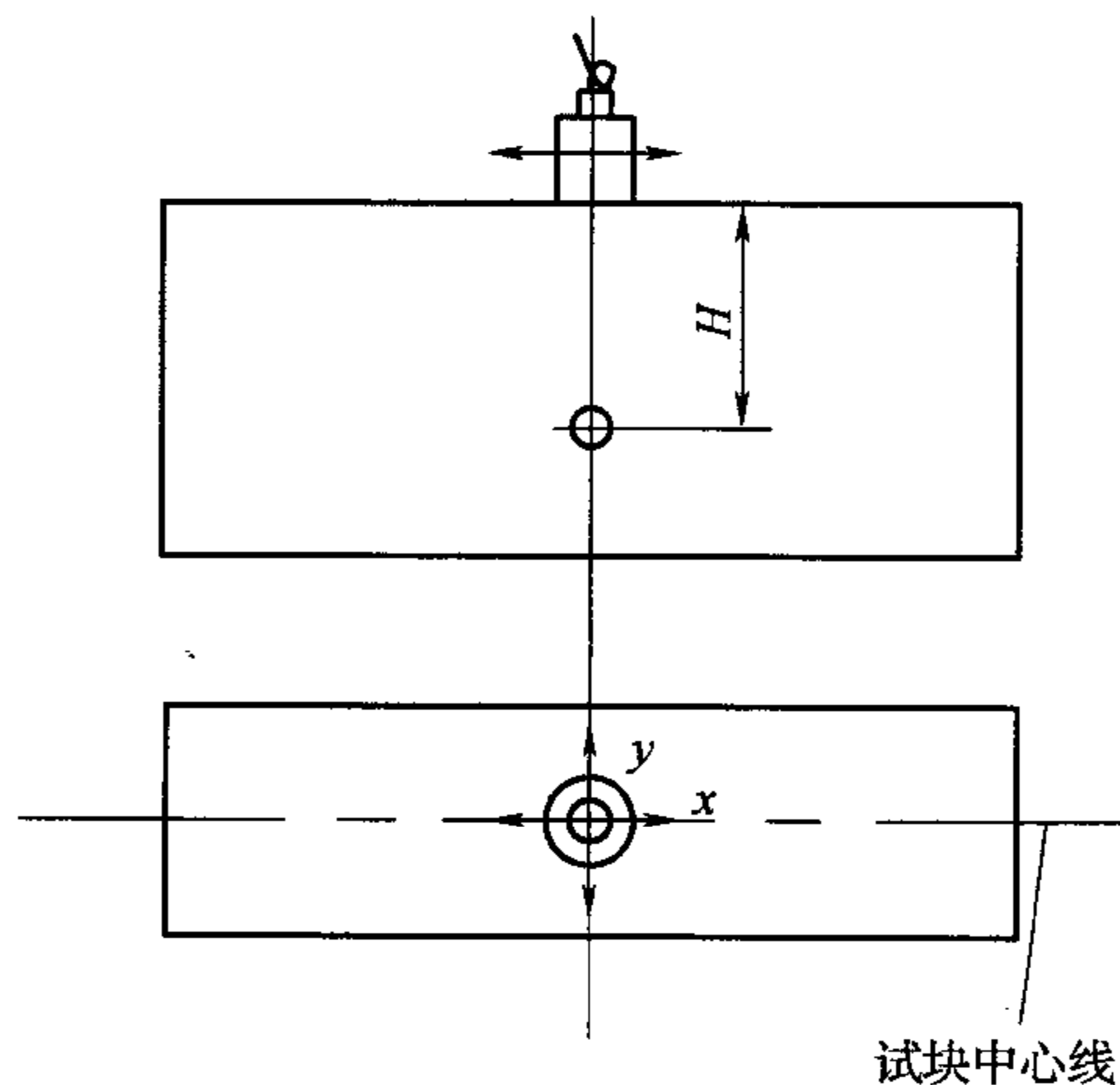


图2 声轴偏斜角测试示意图

4.1.4 回波频率

4.1.4.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 超声波探伤仪或探头测试分析仪；
- b) 超声回波频谱分析仪(或示波器)；
- c) 附录 B 的 DB-P 试块中声程为被测探头近场 1 ~ 1.5 倍的试块或 TB-W₁ 试块。

4.1.4.2 测试方法

将探头置于 DB-P 试块中声程为被测探头近场 1 ~ 1.5 倍的试块上(或 TB-W₁ 试块高度为 100 mm 处),使第 1 次底波幅度最高,用频谱分析仪(或示波器)观察底波的扩展波形,如图 3。在这个波形中,以峰值点 P 为基准,读取其前一个和后二个共计三个周期的时间 T_3 ,把 T_3 作为测量值。

回波频率按式(3)进行计算。

$$f_e = \frac{3}{T_3} \dots\dots\dots(3)$$

式中：

f_e ——回波频率的数值,单位为兆赫兹(MHz)；

T_3 ——时间的数值,单位为微秒(μs)。

当波形无法读取三个周期时,也可以读取峰值点前一个和后一个共计二个周期的时间 T_2 ,并按 $f_e = \frac{2}{T_2}$ 计算。

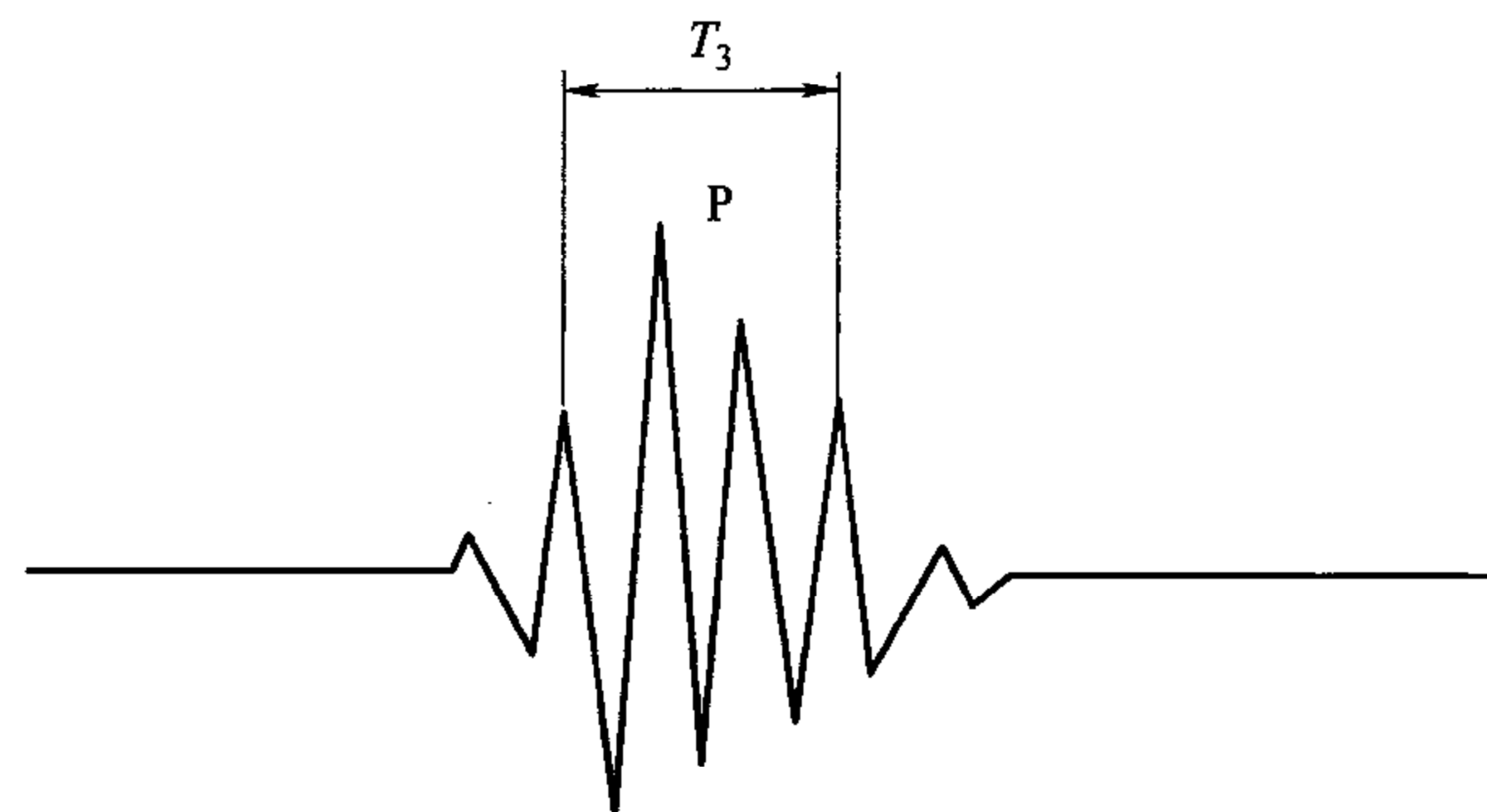


图 3 回波频率测试

4.1.5 脉冲宽度

按照 4.1.4 获得底波后,确定底波幅度峰值 h ,由零电平算起在其两侧相当于 $h/10$ 的电平画两条线 A 和 B(如图 4 所示)分别作为基准线,底波波形最初和任一基准线相交时刻到最后和任一基准线相交时刻的时间间隔为探头的脉冲宽度 d ,单位为 μs 。

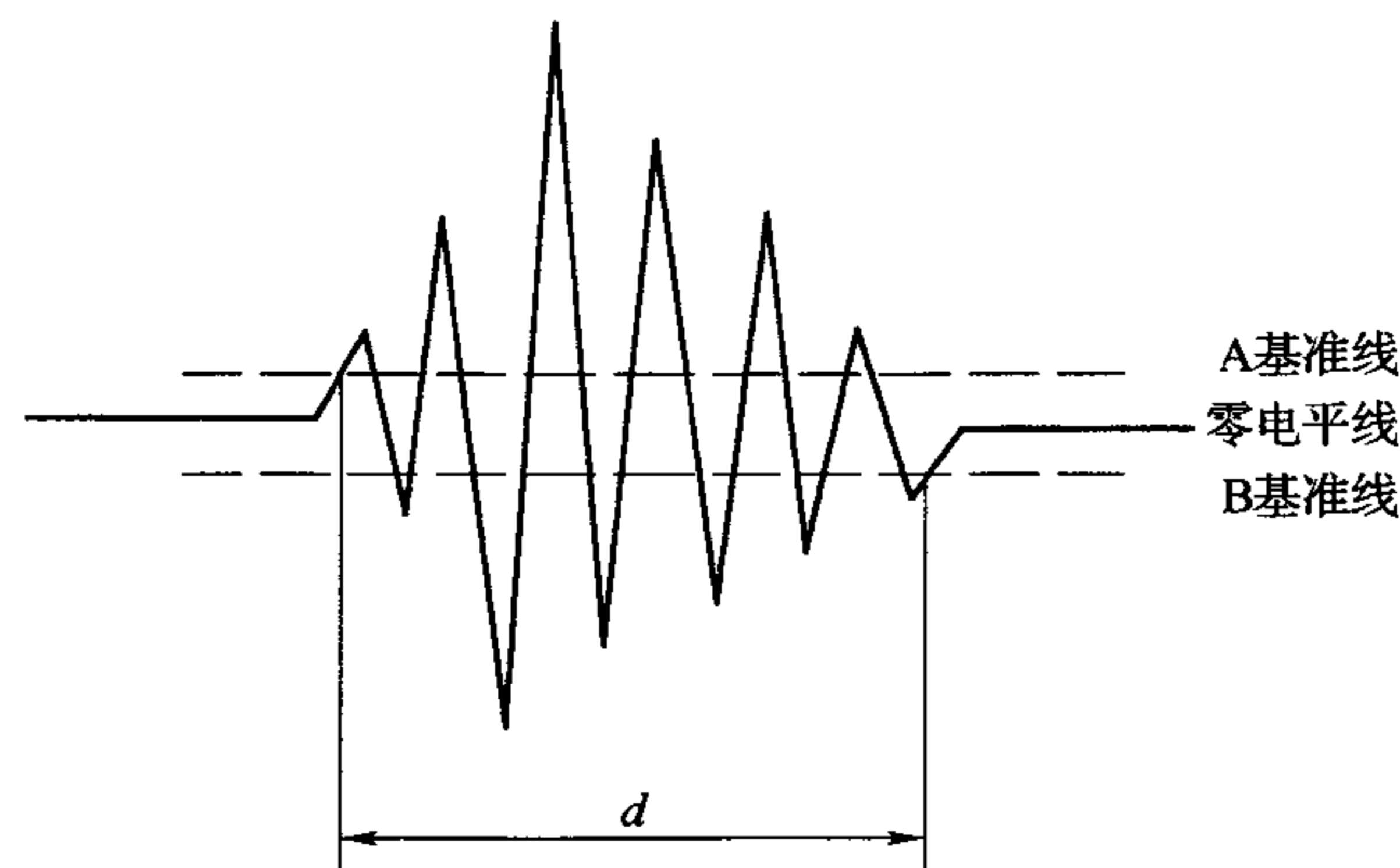


图 4 脉冲宽度测试

4.2 横波斜探头

4.2.1 灵敏度余量

首先,将探头置于 TB-W₁ 试块 0 处(见附录 A 的图 A.1 所示),使来自 R50 曲面和 R100 曲面的回波前沿分别对准探伤仪屏幕水平 5 大格和 10 大格,调节衰减器使 R100 曲面回波最高,且使之为满幅度的 50%,记下此时衰减的读数 S₂,则灵敏度余量为 S:

$$S = S_2 - S_0 \dots\dots\dots(4)$$

如果探头与工件接触面为弧面,则用 TB-W₂ 型试块(见附录 A 的图 A.2)。

4.2.2 空载始波宽度

完成 4.2.1 后,增益 40 dB,然后从试块上取下探头并擦去接触面耦合剂,读取从零点到始波后沿与屏幕垂直刻度 20% 相交点的水平距离 W₀,W₀ 即为空载始波宽度,以钢中横波传播距离表示。

4.2.3 入射点与前沿长度

将探头置于 TB-W₁ 试块 0 处(如图 5 所示,如果探头与工件接触面为弧面,则用 TB-W₂ 型试块),前后移动探头,使来自 R100 曲面的回波最高,试块上 0 点刻线所对应的探头上的点为探头入射点,作出标记,量出探头前沿至试块前端的长度 X,探头前沿长度为(100 - X) mm。

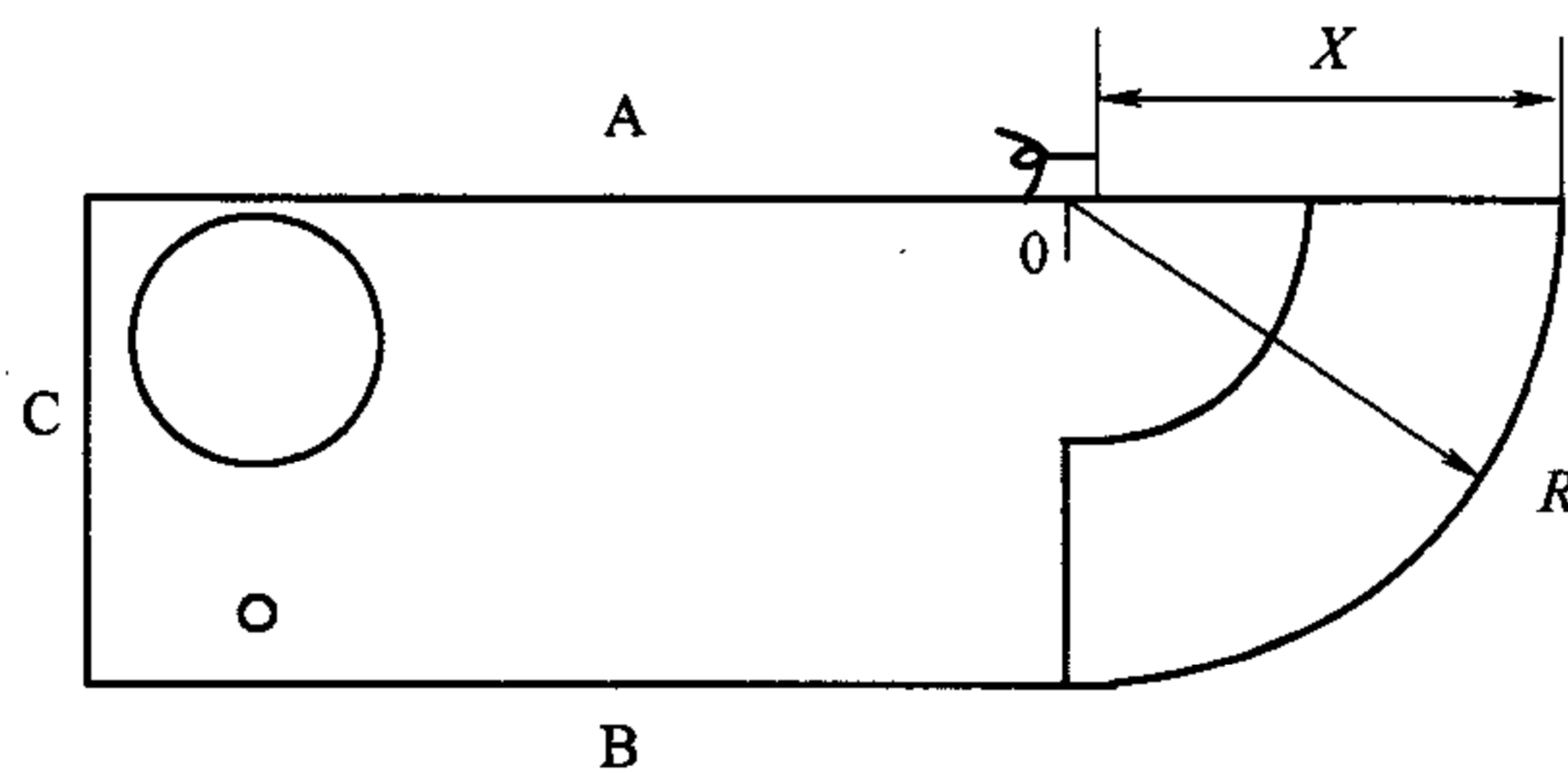


图 5 入射点和前沿长度测试

4.2.4 声轴偏斜角

将探头置于 TB-W₁ 试块 0 处,使来自 R50 曲面和 R100 曲面的回波前沿分别对准探伤仪屏幕水平 5 大格和 10 大格,探头前后移动和左后摆动移动,使回波幅度最大。把游标卡靠在探头前端,则探头前端、游标卡(如图 6 所示)和试块三者之间形成一个三角形,如图 7 所示,根据试块侧面的短刻线读数,可以计算探头的偏斜角 Δθ:

$$\Delta\theta = \arctan(\Delta x/1) \dots\dots\dots(5)$$

单位为毫米

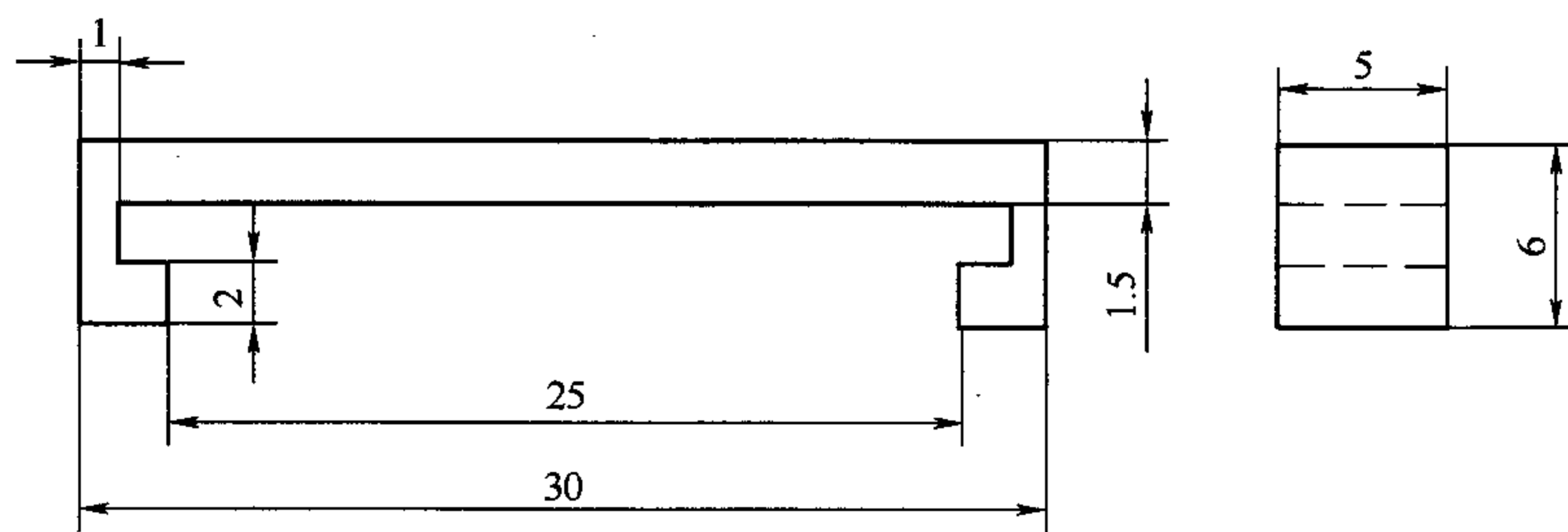


图 6 游标卡(黄铜)

4.2.5 回波频率

将探头置于 TB-W₁(或 TB-W₂)试块上,使 R100 弧面的反射波最高,其余同 4.1.4.2。

4.2.6 折射角

利用 TB-W₁(或 TB-W₂)试块的 φ50 mm 孔和 φ1.5 mm 横孔进行测定。将探头置于试块平面(或弧面)上,作平行侧面的前后移动,反射波最高时,入射点对应试块上标称角度为探头折射角。

折射角测试示意图见图 8 ~ 图 10。

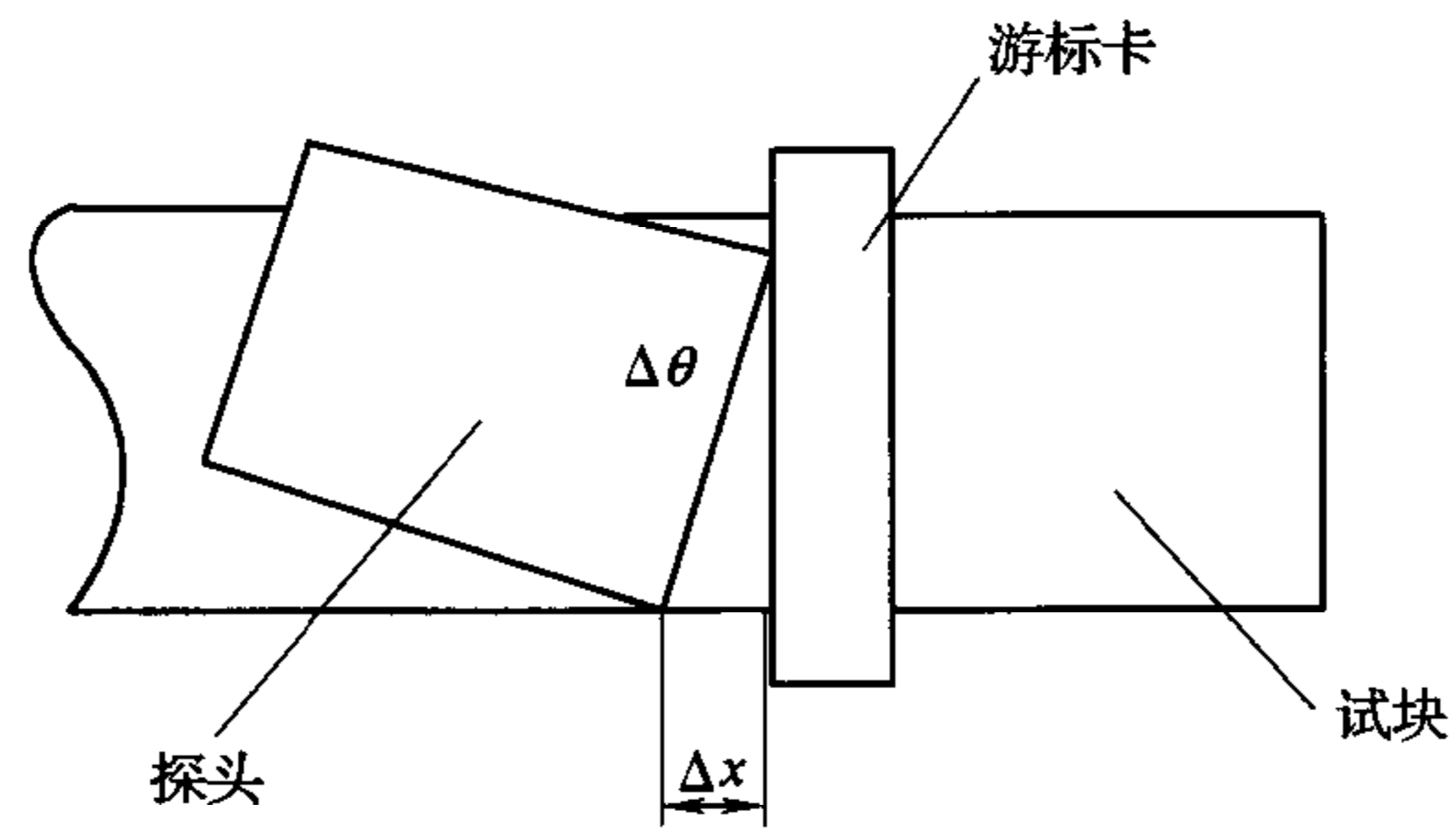


图7 探头前端、游标卡与试块三者位置关系

单位为毫米

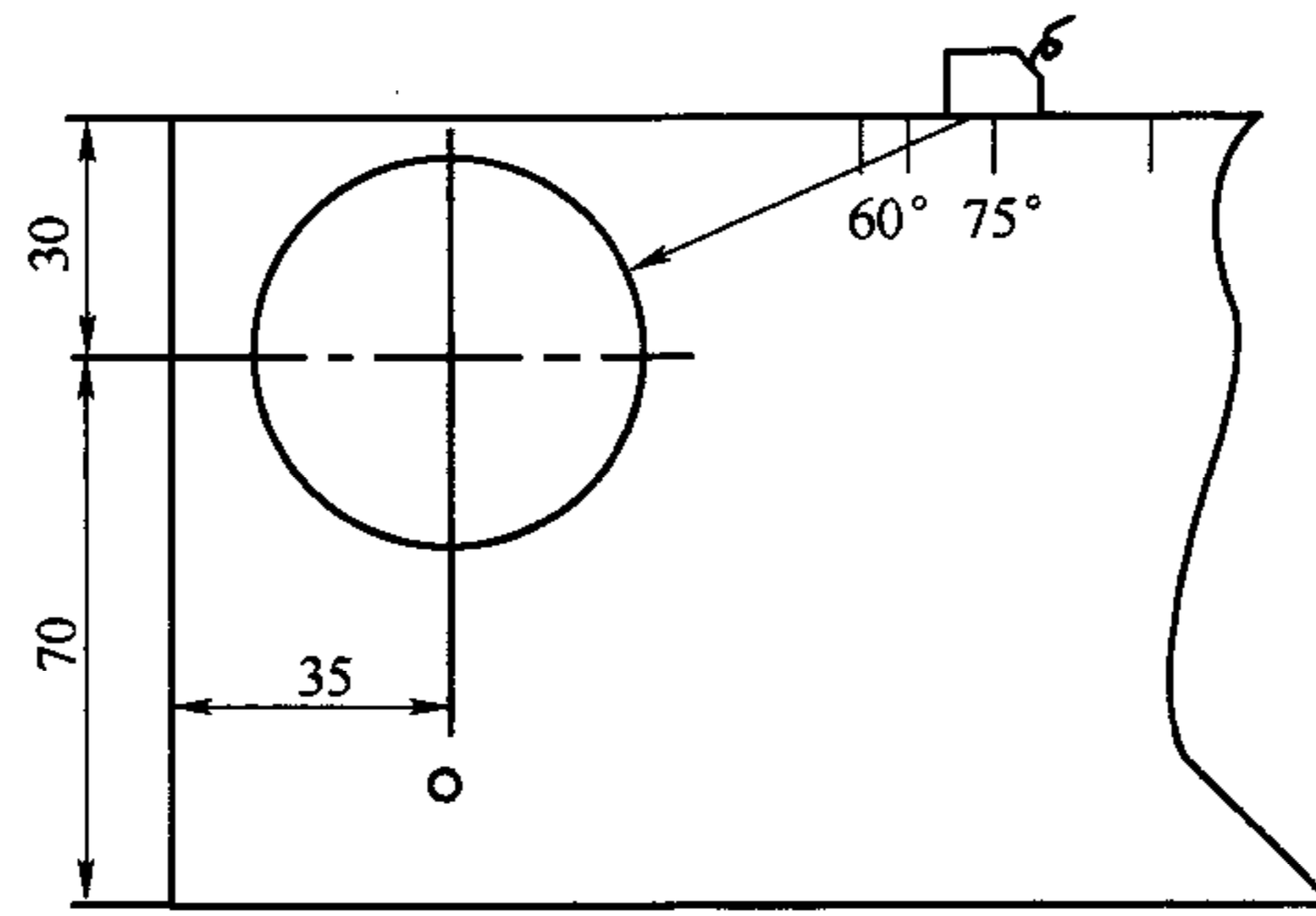


图8 60°~75°折射角测试示意图

单位为毫米

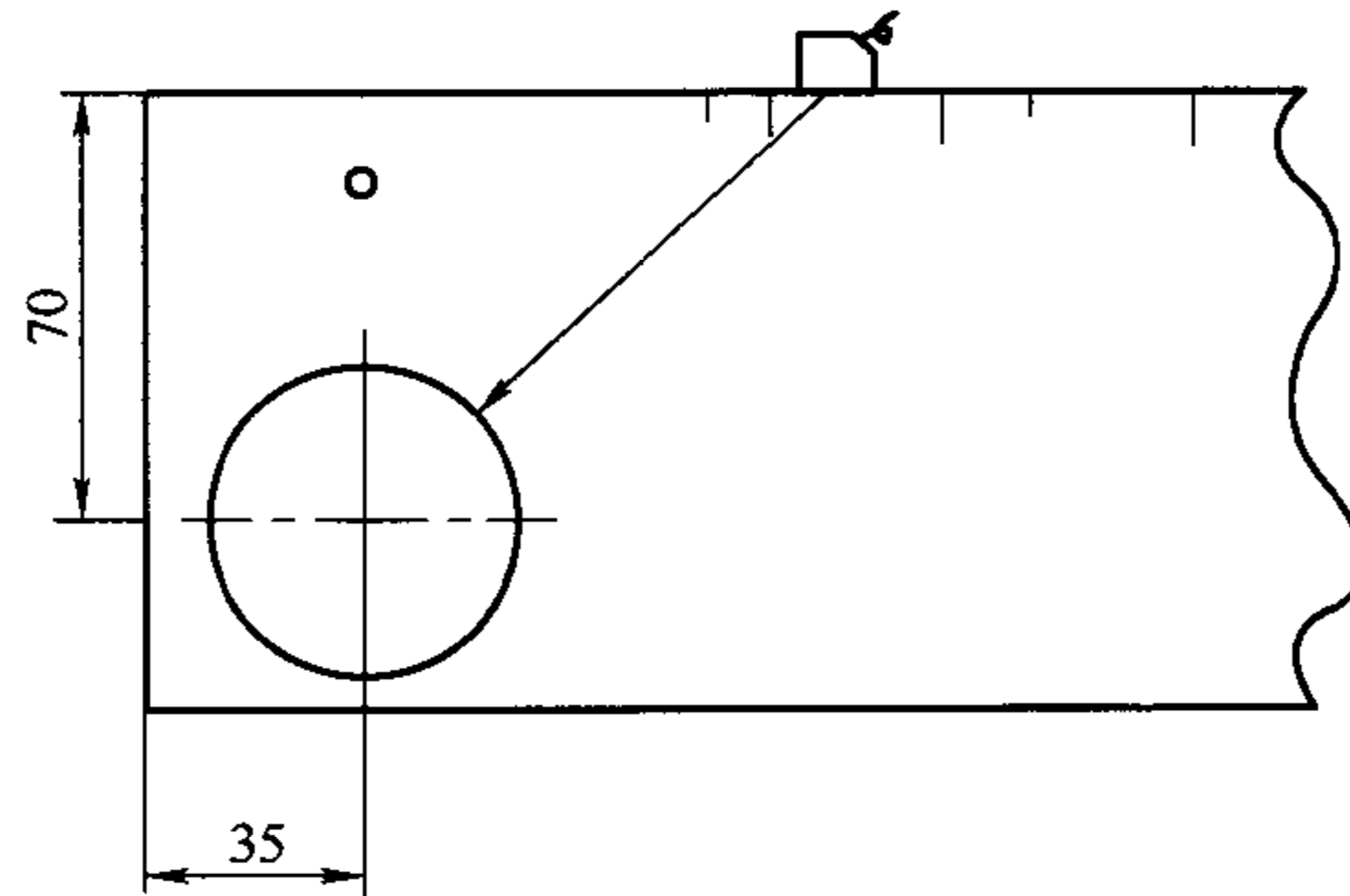


图9 35°~60°折射角测试示意图

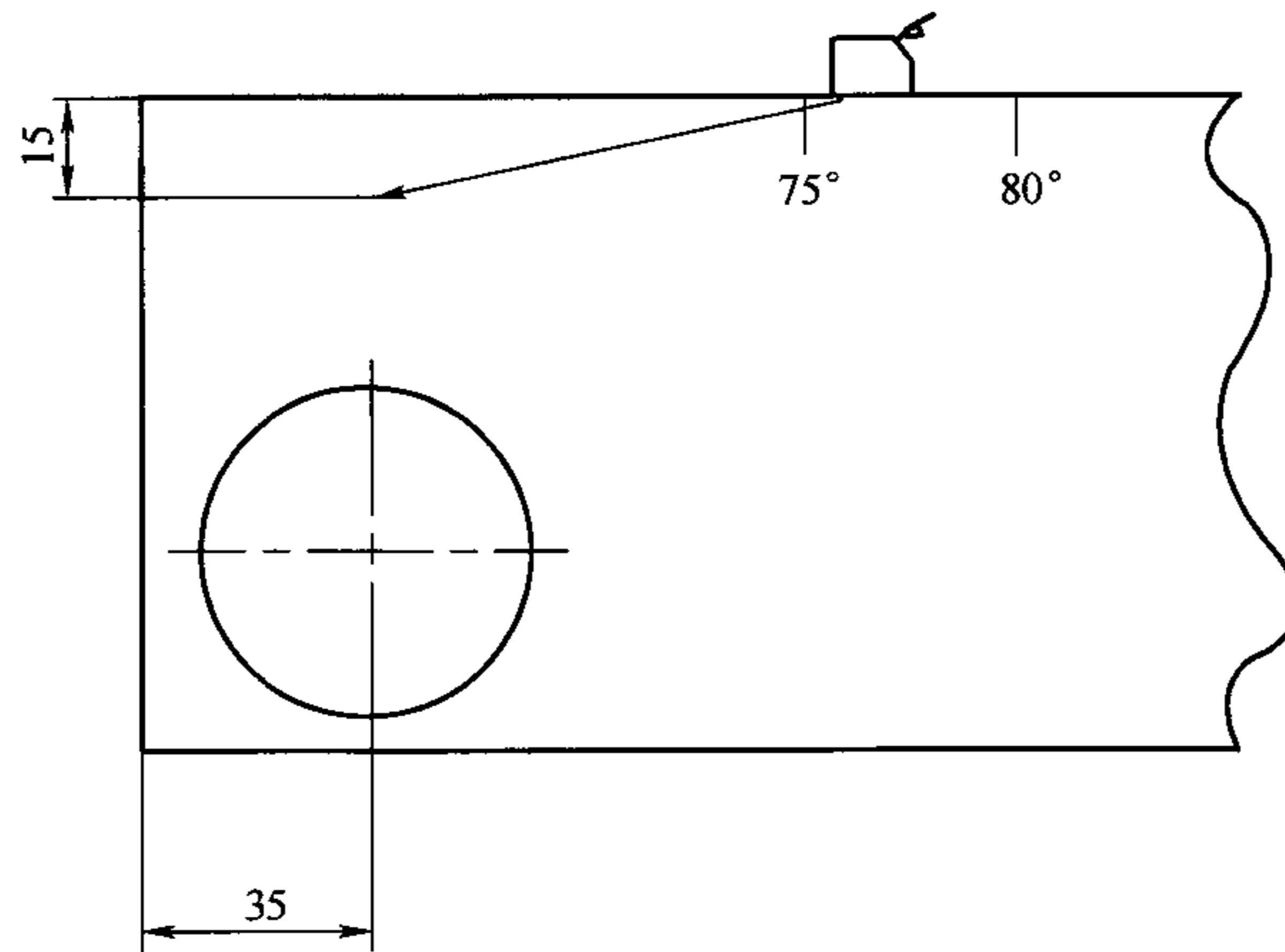


图10 75°~80°折射角测试示意图

4.3 纵波小角度探头

4.3.1 灵敏度余量

首先,将探头置于TB-W₁(或TB-W₂)试块0处,使来自R50曲面和R100曲面的回波前沿分别对准

探伤仪屏幕水平 5 大格和 10 大格,再把探头置至附录 B 中 DB-H1 试块的平面上,使来自 80 mm 处 $\phi 3$ 横通孔的回波最高,调节衰减器使该波为满幅的 50% (见图 11),记下此时衰减的读数 S_3 ,则灵敏度余量为 S :

$$S = S_3 - S_0 \quad \dots\dots\dots (6)$$

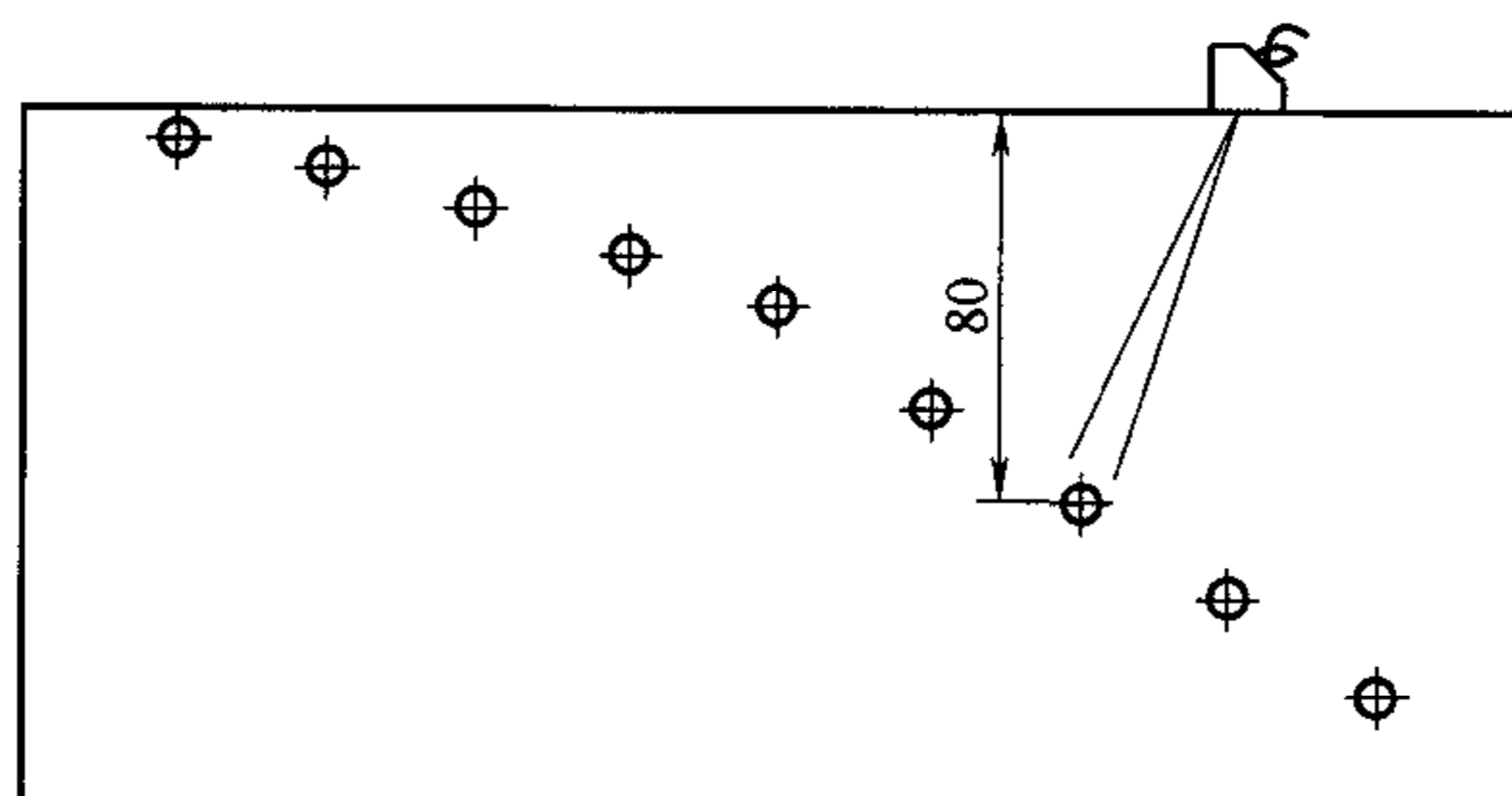


图 11 纵波小角度灵敏度余量测试示意图

4.3.2 空载始波宽度

完成 4.3.1 后,调节仪器相关旋钮,使 $\phi 3$ 孔的回波前沿对准水平 8.2 大格,调节衰减器增益 30 dB,然后从试块上取下探头并擦去接触面耦合剂,读取从零点到始波后沿与屏幕垂直刻度 20% 相交点的水平距离 W_0 , W_0 即为空载始波宽度,以钢中纵波传播距离表示。

4.3.3 声轴偏斜角

测试方法同 4.2.3。

4.3.4 折射角

利用 TB- W_1 (TB- W_2) 试块的 $\phi 50$ 面进行测定。将探头置于试块 B 面上(如图 9 所示),将探头作平行于侧面的移动,反射波最高时入射点对应试块上标称角度为探头折射角。

4.3.5 回波频率

同 4.2.4。

4.3.6 脉冲宽度

同 4.1.5。

4.4 双晶探头

4.4.1 灵敏度余量

将探头置于 TB- W_1 试块高度为 100 mm 处(如图 1 所示),使第 1 次回波和第 2 次回波的前沿分别对准荧光屏水平第 5 大格和第 10 大格,此时水平刻度每大格代表钢中纵波 20 mm。再将探头置于附录 B 的 DB-P 试块上,将来自声程为探头标称焦距 1 倍左右的 $\phi 2$ 平底孔的回波调至荧光屏满屏的 50%,记下此时衰减器的读数 S_4 。

此时,探头灵敏度余量为 S :

$$S = S_4 - S_0 \quad \dots\dots\dots (7)$$

4.4.2 焦距

将探头置于附录 B 的 DB-D1(阶梯)标准试块上,使试块底面回波幅度最高,记下回波幅度和试块厚度。以回波幅度为纵坐标,以试块厚度为横坐标,制作距离波幅曲线,如图 12 所示。在图中标出回波幅度最高的试块厚度 L_0 , L_0 即为探头焦距。

4.4.3 回波频率

将探头和超声波仪器连接并处于“一发一收”即“双”工作状态,同时,超声波探伤仪连接频谱分析仪(或示波器),被测探头置于 DB-D1(阶梯)标准试块的厚度为 L_0 试块(探头焦距对应厚度)上,移动探头,得到厚度为 L_0 试块底波,并使第 1 次底波幅度最高,用频谱分析仪(或示波器)观察底波的扩展

波形,如图3。在这个波形中,以峰值点P为基准,读取基前一个和后二个共计三个周期的时间 T_3 ,把 T_3 作为测量值。

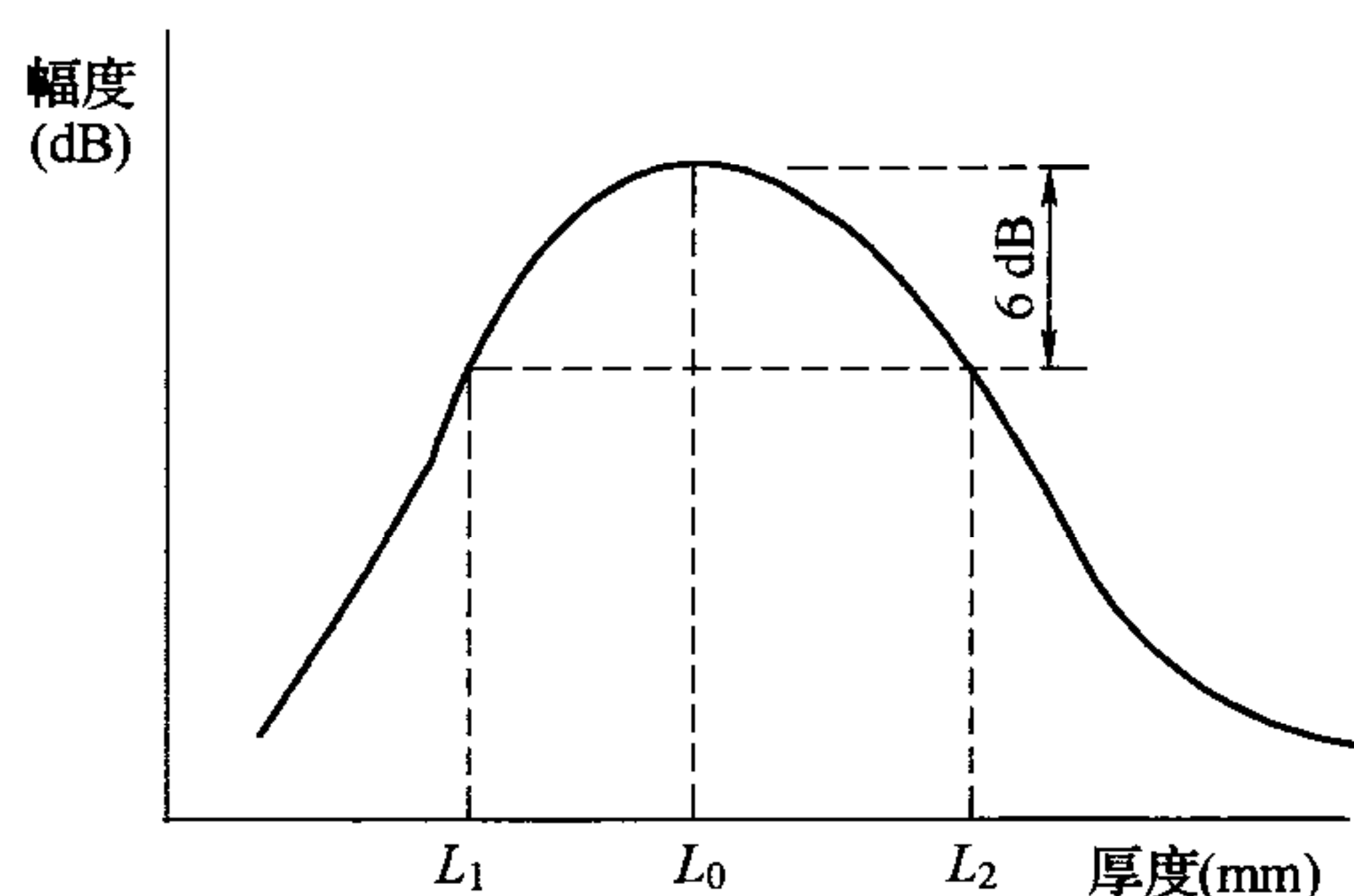


图 12 距离波幅曲线

回波频率按式(3)进行计算。

当波形无法读取三个周期时,也可以读取峰值点前一个和后一个共计二个周期的时间 T_2 ,并按 $f = \frac{2}{T_2}$ 计算。

5 检验规则

5.1 出厂检验

5.1.1 每个探头出厂前,均应进行出厂检验。

5.1.2 探头检验过程中,任一指标不符合本部分规定,不应出厂。

5.2 用户复验

5.2.1 每批探头入厂后,使用单位应进行入厂检验。

5.2.2 入厂检验方式,可以是全部检验,也可以采用随机抽样检验。

5.2.3 入厂检验采用随机抽样检验时,应从每种规格探头中随机抽取1个样品进行,一个项目一次检验不合格,可随机再抽一个同规格样品重新取样复检,只要一个项目复检仍不合格,则该规格产品不合格,使用单位应拒收该规格探头。

5.3 检验报告

供方应向需方提供每个探头的出厂检验报告。

6 标志及储存

6.1 探头标识

探头标识应至少包括:

- a) 型号;
- b) 编号;
- c) 单位。

6.2 质量合格证书

探头应附有质量合格证书,内容应至少包括:

- a) 名称、型号;
- b) 质量指标、检验结果、检验结论;
- c) 检验人员印章。

6.3 探头的储存

探头的储存应注意防高温、防潮,防止阳光直接照射。

附录 A
(规范性附录)
标准试块

标准试块的示意图及主要尺寸见图 A.1、图 A.2 和表 A.1 ~ 表 A.3。

单位为毫米

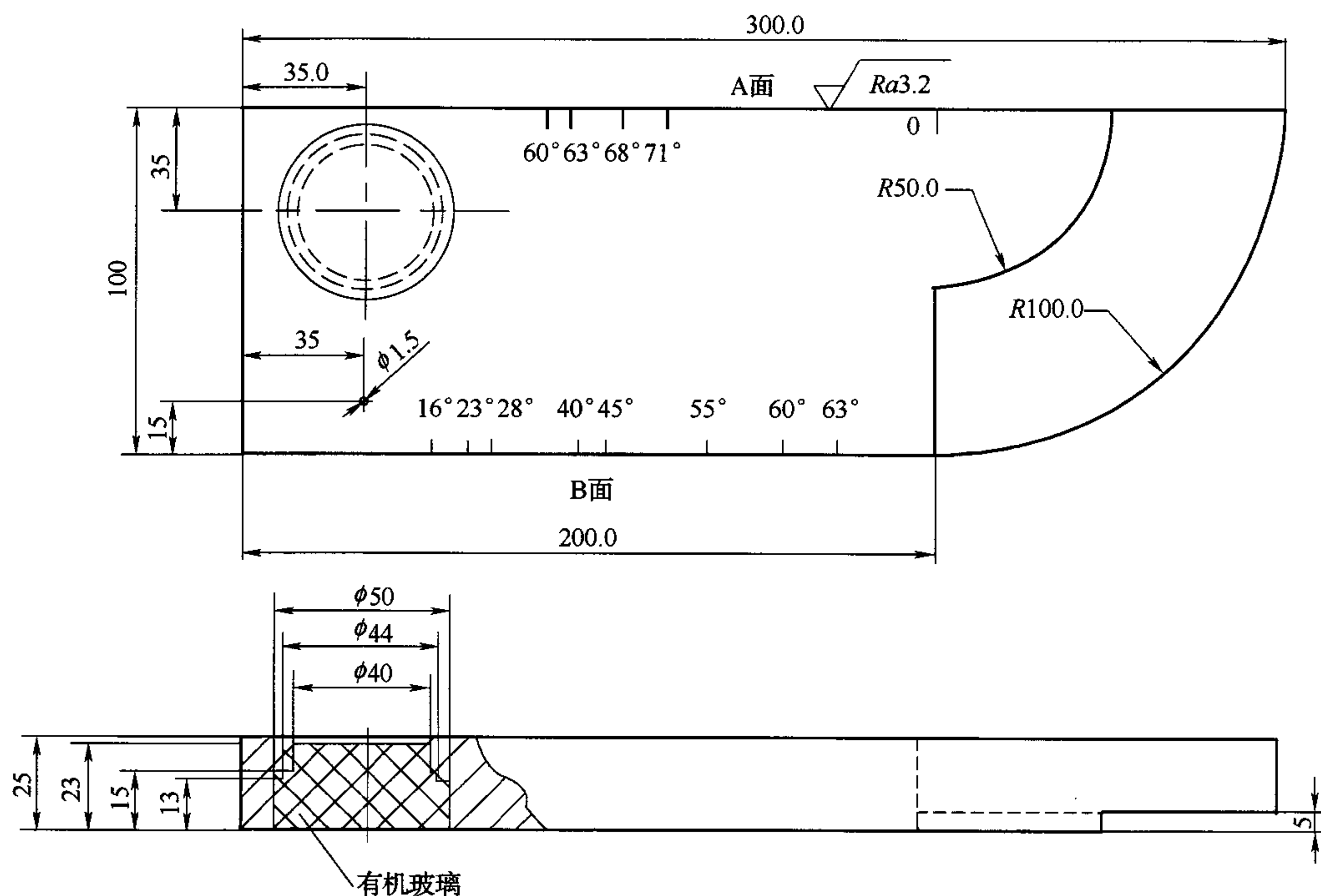


图 A.1 TB-W₁ 型标准试块

表 A.1 横波斜探头 A 面扫查

折射角值	60°	62°	64°	66°	68°	70°	71°	72°	73°	74°	75°	76°
距端面尺寸值 mm	87.0	91.4	96.5	102.4	109.3	117.4	122.1	127.3	133.1	139.6	147.0	155.3

表 A.2 小角度探头 B 面扫查

折射角值	16°	17°	18°	23°	24°	25°	27°	28°
距端面尺寸值 mm	55.1	56.4	57.7	64.7	66.2	67.6	70.7	72.2

表 A.3 横波斜探头 B 面扫查

折射角值	30°	40°	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°
距端面尺寸值 mm	75.4	97.3	95.9	98.0	100.3	120.6	105.0	107.5	110.1	112.7
折射角值	49°	50°	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°
距端面尺寸值 mm	115.5	118.4	121.4	124.6	127.9	131.3	135.0	138.8	142.8	147.0
折射角值	59°	60°	61°	62°	63°	64°	65°	66°	/	/
距端面尺寸值 mm	151.5	156.2	161.2	166.7	172.4	178.5	185.1	192.2	/	/

单位为毫米

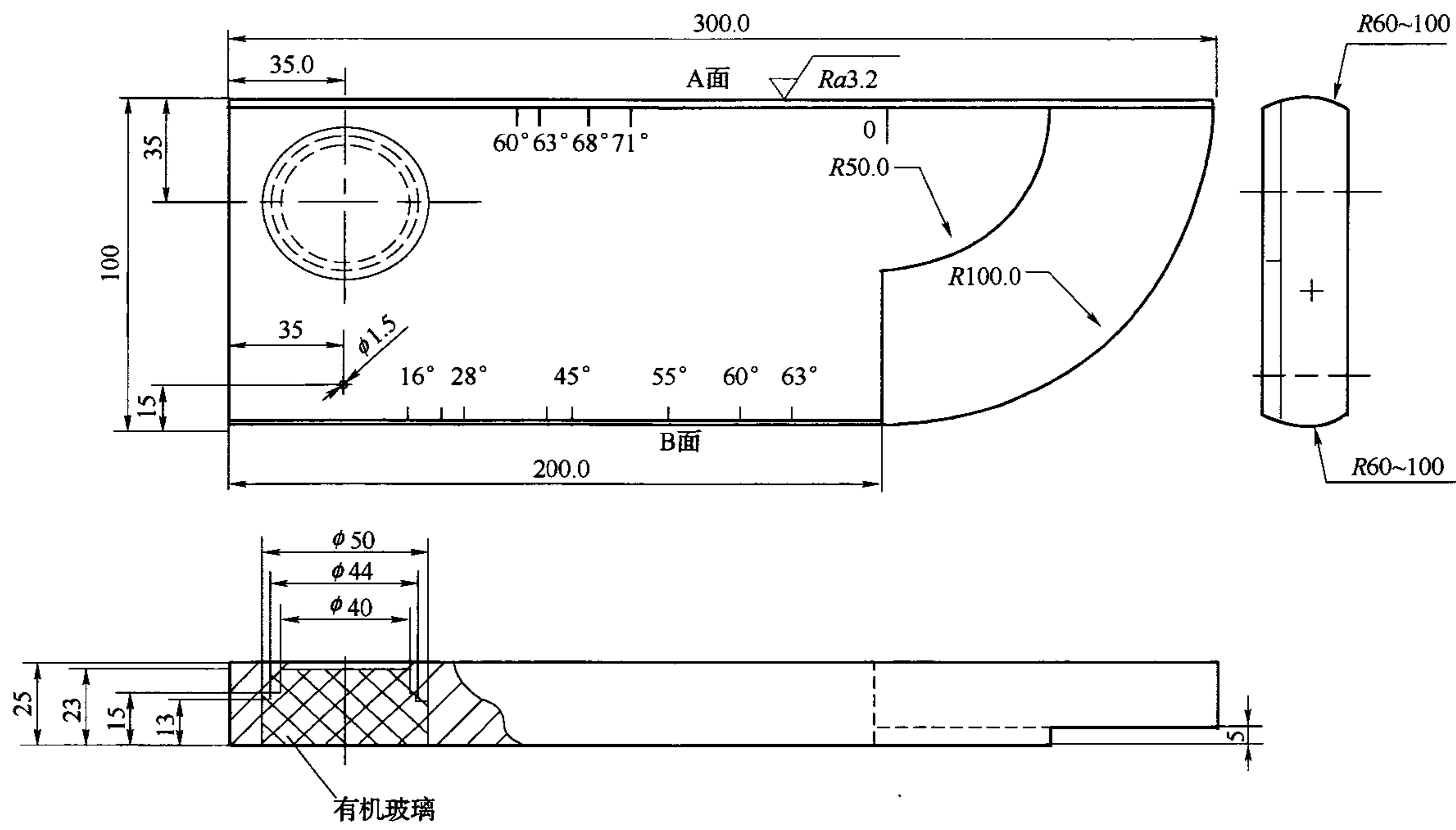


图 A.2 TB-W₂ 型标准试块

附录 B
(规范性附录)
常用标准试块

B.1 DB-P 试块

试块的示意图及主要尺寸见图 B.1 和表 B.1。

单位为毫米

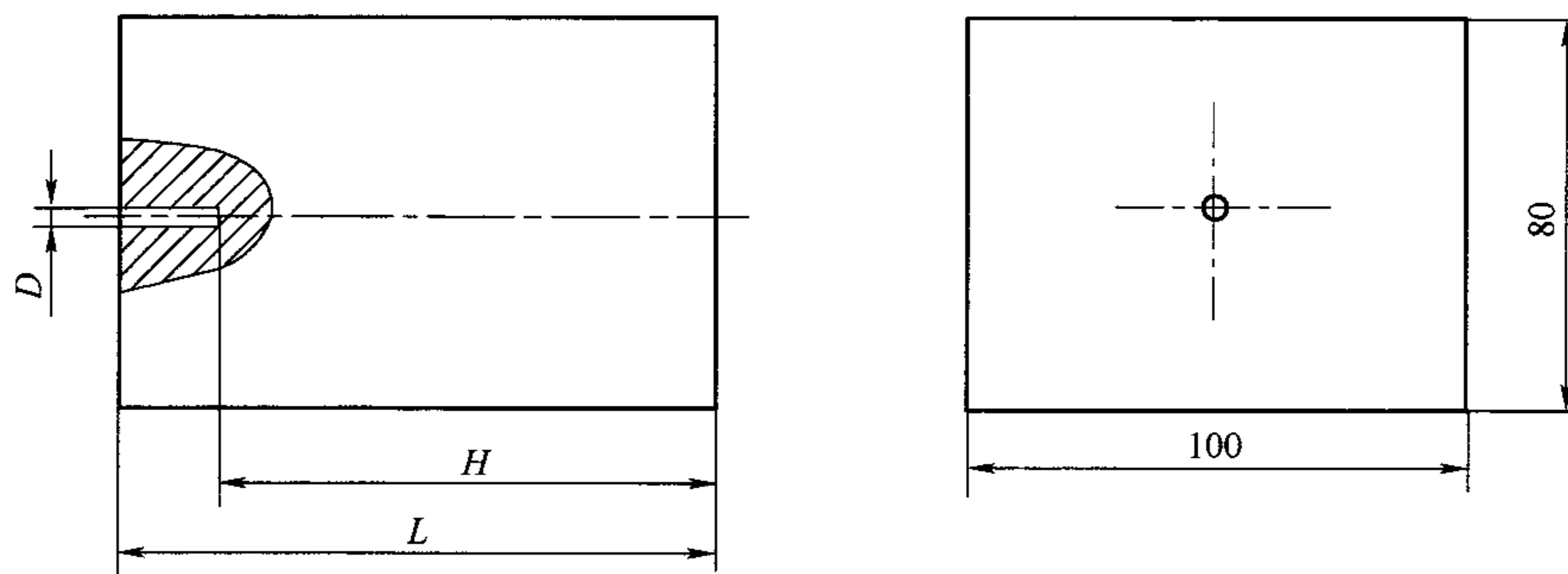


图 B.1 DB-P 试块

表 B.1 DB-P 试块主要尺寸

单位为毫米

型号 DB-P	Z05-2	Z1-2	Z1.5-2	Z2-2	Z3-2	Z4-2	Z5-2	Z8-2	Z10-2	Z15-2	Z20-2	Z20-4
<i>H</i>	5	10	15	20	30	40	50	80	100	150	200	200
<i>L</i>	25	30	35	40	50	60	70	100	120	170	225	225
<i>D</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4

B.2 DB-H1 试块

试块的示意图及主要尺寸见图 B.2。

单位为毫米

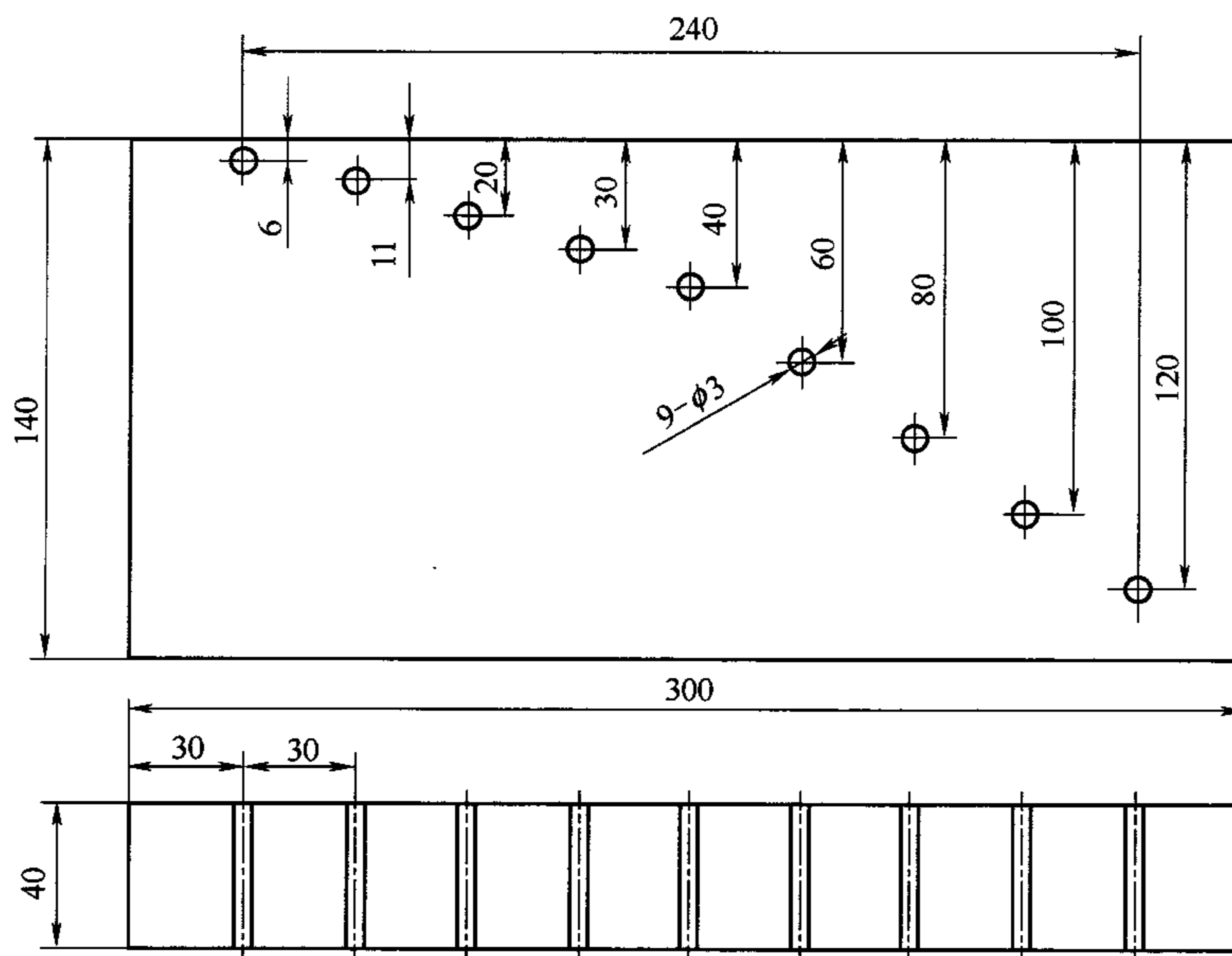


图 B.2 DB-H1 试块

B.3 DB-D₁(阶梯)试块

试块的示意图及主要尺寸见图 B.3。

单位为毫米

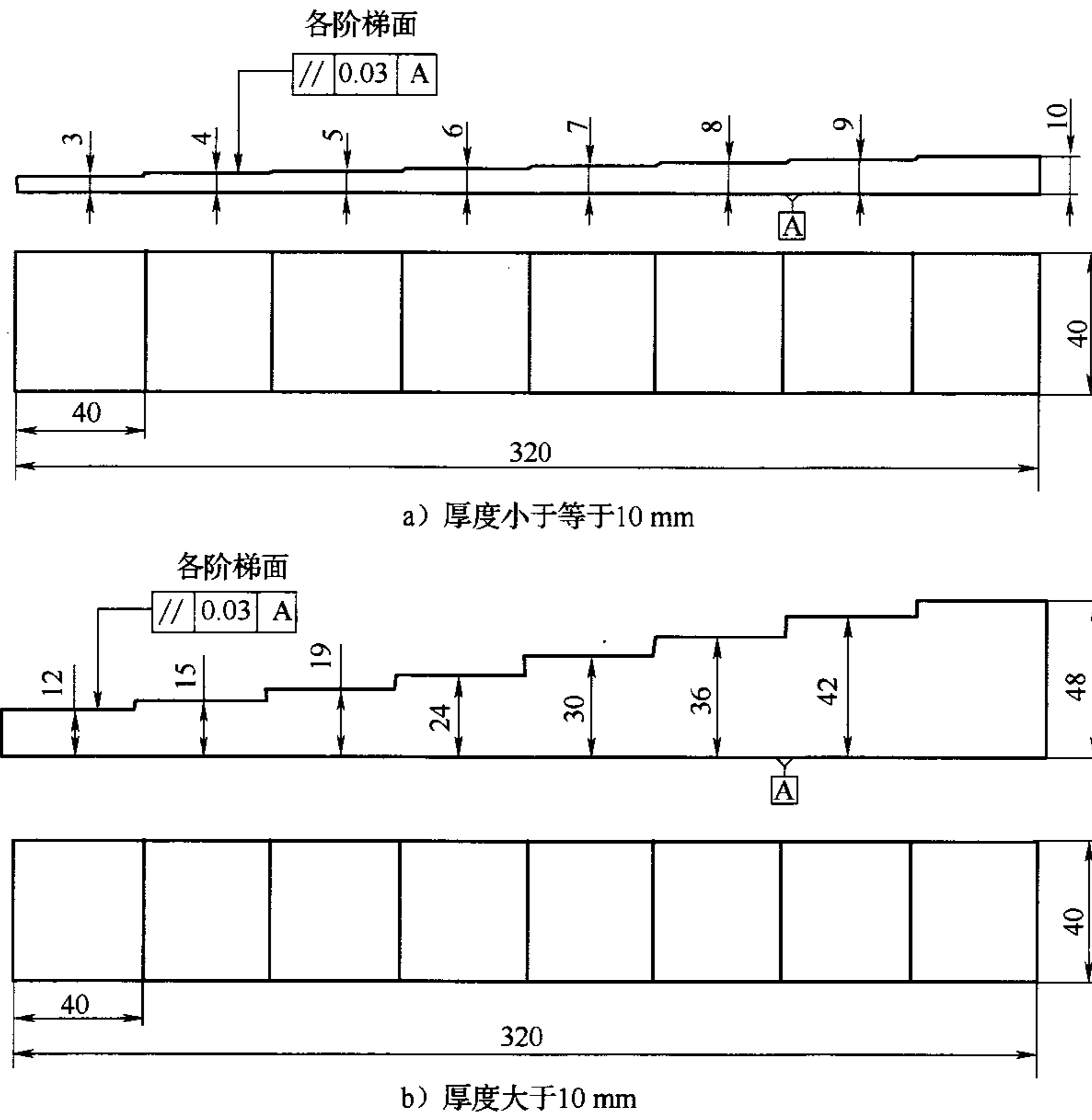


图 B.3 DB-D₁(阶梯)试块